مبادئ

المساحة المستوية والطبوغرافية

دكتور

محمود حسن عبد الرحيم

دكتور

محمد رشاد الدين مصطفى

كلية الهندسة - جامعة الأسكندرية

الناشر  بالاسكندرية

جلال حزى وشركاه





مبادئ

المساحة المستوية

والطبوغرافية

دكتور
محمود حسني عبد الرحيم

دكتور
محمد رشاد الدين مصطفى

كلية الهندسة - جامعة الاسكندرية

١٩٩٨

بسم الله الرحمن الرحيم

مقدمة

الحمد لله والثناء العظيم على الله هو الذى هدانا لهذا وما كنا لنهتدى لولا أن هدانا الله . وبعد ، فإننا نتقدم بهذه الطبعة الجديدة من هذا المؤلف إلى إخواننا من المشتغلين بالأعمال الهندسية وإستصلاح وإستزراع الأراضى وإلى أبنائنا طلاب كليات الهندسة والزراعة وأقسام العمارة بكليات الفنون .

وقد تناول هذا المؤلف فى طبعته الجديدة الموضوعات الحاوية لكل أساسيات علم المساحة المستوية والطبوغرافية مضيفين بعض الموضوعات الهامة التى لا غنى للمهندس عنها فى الأعمال المساحية ، فبجانب القياس التاكيومترى وتشكيل ترافرسات التيودوليت أوردنا جزءاً خاصاً بأعمال تسويات الأراضى وحساب الكميات الخاصة بالتسوية كما أضفنا جزءاً خاصا بمسافات النقـــل ومنحنيات التوزيع الكمى لكميات الأتربة فى المشاريع .

هذا ويشتمل هذا المؤلف على العديد من الأمثلة والمسائل المحلولة التى تمكن الدارس والمهندس على حد سواء من إستيعاب وفهم الموضوعات .

والمؤلفان يقدمان خالص الشكر والإمتنان إلى الأستاذ جلال حزى صاحب ومدير منشأة المعارف التى تساهم بأوفر الجهد فى سبيل نشر العلم والمعرفة فى

ربوع وطننا العربى الكبير ، كما يتقدمان بالشكر إلى الحاج / محمد بسيونى والعاملين بمطبعة رويال بالاسكندرية للدقة والسرعة الفائقة فى إعداد هذا المؤلف.

« اللهم لا تؤاخذنا إن نسينا أو أخطأنا إنك أنت السميع العليم »

نوفمبر سنة ١٩٨٣ م .

المؤلفـان

د. محمود حسنى عبد الرحيم   د. محمد رشاد الدين مصطفى

بسم الله الرحمن الرحيم

« ولمن خاف مقام ربه جنتان »

« صدق الله العظيم »



تمهيد

المساحة فن نشأ مثل غيره من الفنون والعلوم فى مصر القديمة منذ ٣٤ قرناً خلت وبالتحديد فى عصر الملك سيزوستريس عندما أراد أن يثبت الملكيات الزراعية بغرض فرض الضرائب عليها . وهذا الفن أو العلم يبحث فى الطرق المختلفة لتمثيل سطح الأرض تمثيلاً كاملاً بما يحتويه من معالم طبيعية - كالجبال والهضاب والوديان الانهار والبحار - ومعالم صناعية كالمنشئات الهندسية المختلفة ، ويتم هذا التمثيل بأسقاط الجزء الذى تجرى دراسته من سطح الأرض على مستوى أفقى بمقياس رسم معين يوافق الغرض المطلوب ، ويطلق على المسقط الأفقى الذى نحصل عليه بالخريطة المساحية والتى قد يبين عليها أيضا الارتفاعات أو الانخفاضات للمعالم الطبيعية أو الصناعية بالنسبة لسطح مقارنة معين بالإضافة لحدود هذه المعالم .

وكما أن المساحة تبحث فى كيفية تمثيل سطح الأرض أو أجزاء منها على خرائط - وهو ما نطلق عليه اسم عمليات الرفع - فإنها تبحث أيضا فى عمليات تنفيذ المشروعات المقترحة على سطح الأرض من واقع لوحات التصميم وهو ما نطلق عليه اسم عمليات التوقيع .

وتعتبر المساحة فى الوقت الحاضر المعول الأول للمهندس فى تخصصاته المختلفة فهى تخدم المهندس المدنى فى دراسة السواد الأعظم من مشروعاته كتحديد مواقع

الأعمال الهندسية وتخطيطها وإنشاؤها سواء الكبيرة منها كالسدود والقناطر والخزانات أو الصغيرة منها كالمبـــانى والمنشئات السكنية . وهى تخدم المهندس الزراعى فى عمليات استصلاح وتقسيم وحصر وتسوية الأراضى ، وتخدم المهندس الميكانيكى فى ضبط استوية قواعد الماكينات وضبط المحاور والأعمدة وحصر الكميات كذلك القياسات الدقيقة الخاصة بصناعة السفن والطائرات .

أقسام المساحة

يمكن تقسيم علم المساحة إلى الأقسام الآتية :

١ – المساحة الجيوديسية العالية : (High geodetic Surveying)

تطلق هذه التسمية على هذا النوع من المساحة التى تختص بقياس وتحديد المناطق الشاسعة من سطح الأرض حيث يتم التعامل مع الشكل الحقيقى للأرض وبذا يدخل فى الحساب تأثير كل من كرويتها واختلاف توزيع الكتل داخلها .

٢ – المساحة الجيوديسية : (Geodetic Surveying)

وتختص بعمل خرائط لمساحات أقل من النوع الأول ويدخل فى الحساب لهذه الأنواع من الخرائط تأثير كروية الأرض فقط ويهمل تأثير إختلاف توزيع الكتل داخلها .

٣ – المساحة المستوية : (Plane Surveying)

وهى التى تختص بقياس المساحات الصغيرة وتهمل فيها كروية الأرض أى نعتبر أن سطح الأرض مستو فى المناطق المراد رفعها ، وعلى هذا الأساس يمكن العمل فى المساحة المستوية فى منطقة تصل إلى ٥٠ كيلو متر مربع بدون أخطاء تذكر نتيجة إهمال كروية الأرض .

والبلدان التى لم تمسح بعد يعمل لها مساحة جيوديسية لتعيين أجزاءها وحدودها أولا ثم يعمل لها بعد ذلك مساحة مستوية بأقسامها المختلفة ومن ثم ينشأ لها خرائط بمقاييس رسم مختلفة لتفى أغراضا متنوعة .

بجانب هذا التقسيم فإنه توجد تقاسيم أخرى حسب تكنولوجيا الرصد مثال ذلك المساحة الفوتوجرامترية أو المساحة التصويرية والتي يمكن تقسيمها إلى عدة أقسام من حيث طرق القياس فهي إما مساحة تصويرية أرضية أو مساحة تصويرية جوية ، وعموما فهي طريقة سريعة وحديثة للحصول على صور حقيقية لسطح الأرض وإتمام وإنشاء الخرائط المختلفة الأغراض والأنواع ، وتستخدم في عمليات حصر وتقييم الأراضي وكذلك حصر أنواع المحاصيل المختلفة لمعرفة مساحة كل نوع منها ، ولعمل الخرائط للمساحات الشاسعة من واقع الصور الجوية المأخوذة لها .

و المساحة المستوية تنقسم الى قسمين :

١ – المساحة الطبوغرافية :(Topographical Surveying)

والغرض منها إنشاء ورسم الخرائط للمناطق المتسعة نسبيا مع بيان ماتحتويه من معالم صناعية وطبيعية وبيان إرتفاعات وإنخفاضات سطح الأرض بإستخدام خطوط الكنتور كما سيأتي شرحه بالتفصيل فيما بعد

ب – المساحة المستوية التفريدية (المساحة التفصيلية)

(Cadastral Surveing)

والغرض منها رسم وإنشاء خرائط تفصيلية أو تفريدية لأجزاء من الخرائط الطبوغرافية وذلك بمقياس رسم أكبر وذلك لإظهار التفاصيل والحدود الملكيات الزراعية والأملاك والمباني وغيرها . وسوف نتناول كل هذا تفصيليا في باب الخرائط الواردة بهذا الكتاب ، وتعتبر الخرائط الطبوغرافية أساسا لعمل أي خرائط تفصيلية .

ويتناول هذا الكتاب أهم الطرق وأبسطها والمبادىء والأسس التى تبحث فى إنشاء الخرائط التفصيلية والطبوغرافية — كما يتناول أهم عمليات الرفع — وكذلك عمليات التوقيع

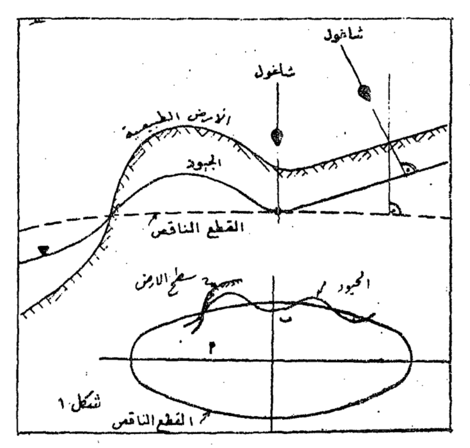
سطح المقارنة : (Datum)

تنقسم الأعمال المساحية عامة إلى قياسات فى مستوى أفقى وذلك لتحديد مواضع معينة لإيجاد مساقط أفقية لها (عمليات الرفع والتوقيع) — وقياسات فى مستوى رأسى وهو تحديد إرتفاعات وإنخفاضات هذه المواضع عن مستو معين (عمليات الميزانيات)

ولتحديد هذه الارتفاعات نحتاج إلى سطح مقارنة ثابت لكى تنسب إليه هذه القياسات ولهذا إتخذ السطح العمودى على إتجاه الجاذبية الأرضية فى جميع نقطة أساسا للمقارنة ويسمى هذا السطح بالجيود (Geoid) — وسطح البحر سطح متساوى جهد الجاذبية الأرضية لذلك فيتخذ دائما سطحا للمقارنة ، مع الأخذ فى الاعتبار أن هذا السطح تزيد قيمة الجاذبية له كلما إتجهنا إلى الشمال وتقل كلما إتجهنا نحو الإستواء لذا فان كل دولة أو قطر تأخذ منسوب سطح البحر أو المحيط المحدد لها كمنسوب لسطح المقارنة الخاص بها

وفى جمهورية مصر العربية يأخذ متوسط منسوب سطح البحر داخل ميناء الإسكندرية كسطح للمقارنة

إن سطح الأرض الطبيعية شكل غير منتظم ولا يمكن تمثيله رياضيا عن طريق معادلات رياضية إلا أن السطح المتوسط للأرض يكافىء فى مجموعة السطح الدورانى الناتج من دوران قطع ناقص حول محوره الأصغر (شكل ١) . وقد



شكل ١

استنتجت أبعاد هذا القطع بواسطة أبحاث جيوديسية وجيوفيزيقية مختلفة وقد أختلفت قيمة كل من نصف قطرى القطع الناقص حسب ما إستنتجه بعض علماء الجيوديسيا والجيوفيزيقيا على مر القرنين التاسع عشر والعشرون . وقد إتفقت كل الابحاث على أن الفرق بين طول نصف القطرين للقطع هو فى حدود ٢٠ كيلو متر

ويلاحظ أن قيمة نصف قطري الأرض لهايفورد (Hayford 1942) هى المستعملة دوليا وبالطبع فان هذه القياسات لايدخل فيها إرتفاع الجبال أو إنخفاض الوديان إنما حددت على أساس سطح البحر . وإذا كان المطلوب هو تحديد مواقع عدة نقط على سطح الأرض فان لنا أن نتصور النقاط التالية فى حالة المساحة المستوية

— المسافة بين أى نقطتين تساوى المسافة بين مسقطيهما على الجيود

— إرتفاع أى نقطة هو المسافة المقاسة بين هذه النقطة ومسقطها على الجيود أى منسوب هذه النقطة وهو المسافة المقاسة فى إتجاه العمود كما هو مبين فى شكل (١)

وحدات القياس المستعملة فى المساحة

أن من ضمن ما يهمنا فى المساحة هو معرفة الوحدات المستعملة فى قياس الأطوال والمساحات وكذلك وحدات الحجوم

وقد إستعمل الإنسان القديم وحدات طبيعية فى القياسات مثل القدم والذراع ثم تطورت هذه الوحدات وتقدمت ، وقد إتفق الفرنسيون على إختيار المتر كوحدة أساسية للقياس الطولى وذلك فى سنة ١٧٩٩

وأهم الوحدات المستعملة فى الأعمال المساحية فى جمهورية مصر العربية هى :

الوحدات الطولية

١ متر	=	١٠ ديسيمتر	=	١٠٠ سم	=	١٠٠٠ ملليمتر
١ كيلو متر	=	١٠ هكتومتر	=	١٠٠٠ متر		
١ ذراع بلدى	=	٠٫٥٨ متر	=	٥٨ سنتيمتر		
١ ذراع معمارى	=	٠٫٧٥ متر	=	٧٥ سنتيمتر	=	٣/٤ متر
١ قصبة	=	٣٫٥٥ متر	=	٣٥٥ سنتيمتر		
١ بوصة	=	٢٫٥٤ سنتيمتر	=	٢٥٫٤ مم		
١ قدم	=	١٢ بوصة	=	٣٠٫٤٨ سنتيمتر		
١ ياردة	=	٣ قدم	=	٩١٫٤٤ سنتيمتر		
١ ميل	=	١٧٦٠ ياردة	=	٥٢٨٠ قدم		

وحدات المساحة :

تستنتج غالبا وحدة القياس للسطوح من قياس الأطوال والوحدات المستعملة في المساحات هي :

الفدان = ٤٢٠٠٫٨٣ متر مربع = ٤٢٠٠ مترا مربعا تقريبا
= ٢٤ قيراط

القيراط = ١٧٥٫٠٣٥ متر مربع = ١٧٥ متر مربع تقريبا = ٢٤ سهم
السهم = ٧٫٢٩٣ متر مربع

الفدان = $\frac{١٠٠٠}{٣}$ قصبة مربعة

الذراع المعماري = $\frac{٩}{١٦}$ متر مربع = ٠٫٥٦ م٢ تقريبا

الهكتار = ١٠٠٠٠ متر مربع = ١٠٠ × ١٠٠ م٢

أي أن ١ هكتار = ٢٫٣٨٠٤٨ فدان = ٢٫٣٨ فدان تقريبا

وحدات الحجوم :

المتر المكعب عموما هو أهم الوحدات المستعملة في حساب كميات الأتربة والمكعبات للمباني والخرسانات والمنشئات

١ متر مكعب = ١ مليون سم مكعب = ١٠٠٠ لتر

١ لتر = ١٠٠٠ سم٣

وحدات قياس الزوايا :

الدائرة هى أساس وحـــدة قياس الزوايا — والدائرة تحوى أربعة أقسام متساوية عند المركز وتكون كل منها زاوية قائمة وكل قسم يسمى ربع الدائرة

وتقسم الزاوية القـائمة أو أى جزء منها إلى درجـات وأجزاء منها حسب التقسيمات الآتية :

(أ)التقسيم الستيني :

وهو التقسيم القديم وفيه تقسم الزاوية القـائمة أو الربـع دائرة إلى ٩٠ قسم كل قسم يسمى درجة (1°) وكل درجة منها تحتوى على ستون دقيقة ($60'$)

$$\text{والدقيقة الستينية } (1') = \left(\frac{1^\circ}{60}\right) = 0.01666^\circ$$

وكل دقيقة منها تحتوى على ($60''$)

$$\text{والثانية الستينية } 1'' = \left(\frac{1'}{60}\right) = \left(\frac{1^\circ}{3600}\right) = 0.000287^\circ$$

وهذا التقسيم يستخدم حتى الان فى مصر ودول العالم الثالث

(ب) التقسيم المئوى :

وهو التقسيم الجديد (١٩٤١) والذى يستعمل بكثرة فى البلاد الأوربية وفيه تقسم الزاوية القائمة أو الربع دائرة إلى ١٠٠ درجة جديدة أو ١٠٠ درجة

مئوية أو (١٠٠ g) وكل درجة مئوية منها مقسمة إلى ١٠٠ دقيقة (١٠٠ c)
وكل دقيقة مئوية مقسمة إلى ١٠٠ ثانية (١٠٠ cc) وبذا فإن .

$$١ \; g = ١٠٠^{c} = ١٠٠٠٠^{cc}$$

$$١^{c} = ١٠٠^{cc}$$

للتحويل من التقدير المئوى إلى التقدير الستينى تستعمل النسب الآتية :

(١) للدرجات $\frac{٣٦٠}{٤٠٠} = ٠٫٩$

(٢) للدقائق $\frac{٣٦٠ \times ٦٠}{٤٠٠ \times ١٠٠} = ٠٫٥٤$

(٣) للثوانى $\frac{٣٦٠ \times ٦٠ \times ٦٠}{٤٠٠ \times ١٠٠ \times ١٠٠} = ٠٫٣٢٤$

وللتحويل من التقدير الستينى إلى التقدير المئـــوى تكون نسب التحويل كالآتى :

(١) للدرجات $\frac{١٠}{٩} = ١٫١١١$

(٢) للدقائق $\frac{١٠٠}{٥٤} = ١٫٨٥١٩$

(٣) للثوانى $\frac{١٠٠٠}{٣٢٠} = ٣٫٠٨٦٤$

ويلاحظ أنه فى التقدير الستينى تكتب الزاوية منفصلة فى درجاتها ودقائقها وثوانيها فمثلا الزاوية أ = ٢٧″ ٥٢′ ٤٨° بينما فى التقدير المئــــوى فتكتب الزاوية أ = ٨٣٫٦٤٥٧ g

ولا يقال أنها ٥٧cc ٦٤c ٨٣g

ويستخدم التقدير المئوى فى الأعمال المساحية العادية لسهولة الحساب به أما فى الأرصاد الفلكية فيستخدم التقدير الستينى لسهولة تحويله إلى الحسابات الزمنية الفلكية وبالنسبة إلى علم الجغــــرافيا فان شبكات خطوط الطول والعرض قد ثبتت على أساس التقدير الستينى وكذلك حساب الأزمنة ولهــــذا السبب فانه لا يمكن الإستغناء عن التقسيم الستينى

(ج) التقدير الدائرى :

التقدير الدائرى لزاوية ما ولتكن $\hat{\alpha}$ هو النسبه بين طول القوس الذى يقبل هذه الزاوية والمقطوع من دائرة مركزها رأس هذه الزاوية ونصف قطرها نق أى أن :

$$\text{والزاوية } \alpha \text{ بالتقدير الدائرى } \hat{\alpha} = \frac{\text{طول القوس}}{\text{نق}}$$

$$\text{والتقدير الدائرى لقفل الأفق} = \frac{\text{محيط الدائرة}}{\text{نق}} = \frac{\text{٢ ط نق}}{\text{نق}} = \text{٢ ط}$$

وهو يعادل ٣٦٠° والتقدير الدائرى لزاوية ١٨٠° يعادل ط

حيث ط = النسبة التقريبيـــة = $\frac{٢٢}{٧}$ = ٣٫١٤١٦ تقريبا

ويكون التقدير الدائرى للزاوية القائمة = $\frac{ط}{٢}$

والزاوية المركزية التى طول قوسها المقابل يساوى نصف قطر دائرتهـا تأخذ

كوحدة للتقدير الدائرى ويرمز لهـــا فى المساحة بالرمز ρ وهى تساوى $\frac{٢ق}{ط}$

حيث ق تمثل الزاوية القائمة .

والتحويل من التقدير الدائرى الى الستينى تستخدم النسب الآتية :

للدرجات ρ° = $\frac{١٨٠}{ط}$ = ٥٧٫٢٩٥٨ = ٥٧٫٣ تقريبا

للدقائق ρ' = $\frac{١٨٠^{\circ} \times ٦٠}{ط}$ = ٣٤٣٧٫٧٤ = ٣٤٣٧٫٨ تقريبا

للثوانى ρ'' = $\frac{١٨٠^{\circ} \times ٣٦٠٠}{ط}$ = ٢٠٦٢٦٤٫٨ = ٢٠٦٢٦٥ تقريبا

للتحويل من التقدير الدائرى إلى التقدير المئوى تستخدم النسب الآتية :

للدرجات المئوية ρ^{g} = ٦٣٫٦٦ ^{g}

للدقائق المئوية ρ^{c} = ٦٣٦٦٫٢ ^{c}

للثوانى المئوية ρ^{cc} = ٦٣٦٦١٩٫٨ ^{cc}

أمثلة محلولة

مثـال ١ :

أوجد القيمة بالتقدير الدائرى للزاوية ٢٤′ ٥١°

الحـــل

$$\hat{ه} = \frac{ه'}{\rho'} = \frac{٥١° \times ٦٠ + ٢٤}{٣٤٣٧ر٨} = ٠ر٨٩٧$$

مثـال ٢ :

ماهى قيمة الزاوية بالتقدير الستينى إذا كانت قيمتها بالتقدير الدائرى ٠ر٧٦١ ؟

الحـل

$$ه = \hat{ه} \cdot \rho'' = ٠ر٧٦١ \times ٢٠٦٢٦٤ر٨ = ١٥٦٩٦٧ر٥''$$

$$= ٧'' \quad ٣٦' \quad ٤٣°$$

مثـال ٣ :

أدير مستقيم طوله ١٠٠ متر بمقـــدار ١٠″ من طرفه ـ ماهى المسافة التى يتحركها الطرف الآخر؟

الحـل

المسافة التى يتحركها الطرف هى قـــوس دائرة نصف قطرها ١٠٠ متر ويقبل ١٠″ .

∴ المسافه التى يتحركها الطرف الآخر $= \dfrac{١٠}{\rho''} \times$ طول المستقيم

$=$ ٠٠٠٠٠٤٨٥ر٠ $\times$ ١٠٠٠٠ $=$ ٤ر٨٥ مم

مثال ٤ :

ما هى الزاوية التى يقبلها قوس دائرى طوله ٢٤ مم نصف قطره ٥٠ متر ؟

الحل

طول القوس $=$ نصف القطر $\times$ الزاوية بالدائرى

٣٤ مم $=$ ٥٠ $\times$ ١٠٠٠ $\times\ \widehat{ه}$

$ه'' = \dfrac{٢٤}{٥٠ \times ١٠٠٠} \times ٢٠٦٢٦٥$

ه $=$ ٩٩″

مثال ٥ :

ما هى الزاوية بالتقدير المئوى الجديد التى قيمتها بالتقدير الدائرى ١٦٤٤ر ؟

الحل

$ه^{g} = \widehat{ه} \cdot \rho^{g} =$ ١٦٤٤ر١ $\times$ ٦٣ر٦٦ $=$ ١٠٤ر٦٥٧٠

الباب الأول
استخدام أدوات القياس الطولي في الرفع

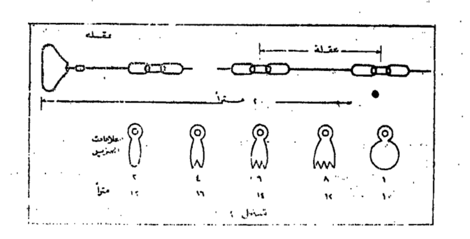
عملية الرفع هي بيان المعالم الموجودة في منطقة ما سواء أكانت طبيعية أو صنـــاعية على خريطة بمقياس رسم مناسب . وهناك عدة طرق مختلفة الرفع وأبسطها التي يستخدم فيها أدوات القياس الطولي وبعض الأجهزة البسيطة . وقد أصطلح على تسمية طريقة الرفع هذه بالرفع بالجنزير أو المساحة بالجنزير باعتبار أن الجنزير كان وسيلة القيـاس الطولي الأساسية المستخدمة منذ زمن ليس ببعيد وبقيت هذه التسمية إلى الآن رغم وجود آلات وأجهزة مساحية أخرى أدق في قياس المسافات من الجنزير كالشريط الصلب وغير ذلك

المساحة بالجنزير

المساحة بالجنزير هي أحد أنـــواع المساحة المستوية المستخدمة في رفع المساحات الصغيرة المكشوفة القليلة الإرتفاعات والإنخفاضا ، وأساس الطريقة هو عمل مضلع — في الأرض المراد رفعها ورسم خريطة لهـا — مكون من مجموعة من المثلثات المتلاصقة يمكن قياس أطوال أضلاعها وذلك لأن المثلث هو الشكل الذي يمكن رسمه بمعرفة أطوال أضلاعه دون اللجوء إلى قيـاس زواياه ، وهذه الطريقة أرخص وأسهل الطرق حيث تستخدم فيها القيـــاسات الطولية فقط .

الآلات المستخدمة فى المساحة بالجنزير

(١) الجنزير : يستعمل فى قياس الأطوال على سطح الأرض — ويصنع الجنزير من أسلاك أو أسياخ من الحديد المبروم أو الصلب قطرها ٣ مم بطول ١٠ أو ٢٠ أو ٣٠ مـــتراً مقسمة إلى ٥٠ أو ١٠٠ أو ١٥٠ عقله طول كل منها ٢٠ سم متصلة ببعضها بحلقات من نفس السلك بحيث تعتبر المسافة بين مركزى حلقتين متتاليين من حلقات الجنزير هى طول كل عقلة (شكل٢) ، وينتهى الجنزير



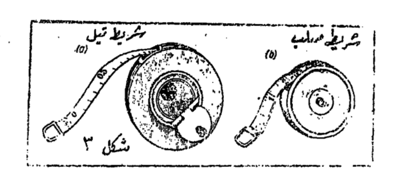
شكل ٢

بقبضتين من النحاس وبين نهايتى القبضتين توجد علامات مميزة من النحاس ذات أسنان كل مترين تدل على الطول المقاس من بداية الجنزير وحتى العلامة . فمثلا العلامة الأولى التى على بعد ٢ متر تكون ذات سنة واحدة ، والثانية التى على بعد ٤ متر ذات سنتين ، والثالثة التى على بعد ٦ أمتار ذات ثلاثة أسنان والرابعة على بعد ٨ متر ذات أربعة أسنان ، وللجنزير الذى طوله ٢٠ متر (وهو المستخدم غالبا) توجد نحاسة مستديرة فى الوسط على بعد ١٠ أمتار يتكرر بعدها وضع العلامات المسننة بالتماثل (شكل ٢) وفى بعض الأحيان يكتب الطول من أحد أطراف الجنزير مباشرة على أحد أوجه علامة نحاسية مستديرة وعلى الوجه الثانى المسافة من الطرف الثانى ، ويصنع الجنزير على هيئة عقل لسهولة استعماله وفرده

وثنية . ويقبضتى الجنزير طرفيتين أثناء القياس به لتسهيل القبض عليه وشدة في أتجاه القياس وكذلك لامكان جمعه على شكل حزمة صغيرة بعد الإنتهاء من العمل ويربط بشريط من الجلد . ويفرد الجنزير بأن يمسك من قبضتيه باليد اليسرى ثم يقذف به بشدة باليد اليمنى مع بقاء القبضتين باليد اليسرى ثم يأخذ شخص إحدى القبضتين ويفرده على الأرض مع ملاحظة عدم إلتناء العقل، وبعد إنتهاء القياس يبدأ فى جمعه من المنتصف مع جمع العقل مثنى مثنى حتى يصبح عبارة عن حزمة .

ونظرا لأن طول الجنزير عرضه للزيادة والنقصان نتيجة الشد وأحيانا نتيجة الصيانة عند اصلاحه بعد كسره فيجب معايرته والتحقق من طوله وذلك بمقارنته بالشريط الصلب من حين لآخر — وإذا وجد به خطـــأ وجب تصحيح هذا الخطأ كما سيأتى بعد فى هذا الباب .

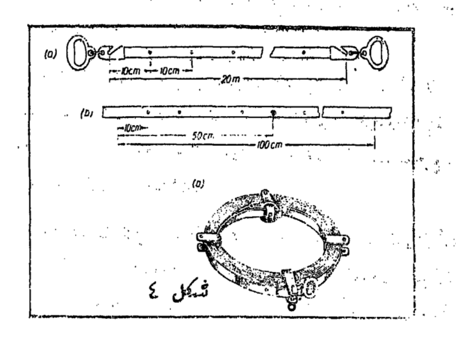
(٢) الشريط التيل : شريط من التيل داخل علبه من الجلد مقسم إلى أمتار باللون الأحمـــر وديسيمترات بالأسود والديسيمترات مقسمة إلى سنتيمترات وينتهى طرفه بحلقة نهايتها يسمى صفر الشريط (شكل) وأغلب الأشرطة بطول



شكل ٣

٢٠ متر كما يوجد شـــرائط بطول ١٠ متر ، ٣٠ متر ، ٥٠ متر وتستعمل لأخذ مقاسات المبانى وعمل التحشية

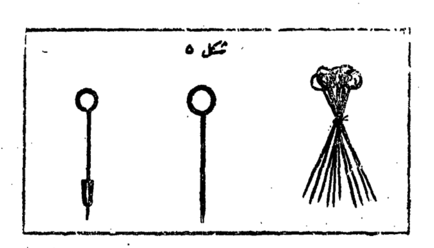
(٣) الشريط الصلب : وهو نوعين إما شريط صلب ملفوف حول بكرة وتقسيمه كالجنزير ولكن العلامات تدمغ على الشريط مباشرة (شكل ٤) . ويستعمل في القياسات التي تحتاج إلى دقة أكثر من الجنزير ، أو شريط صلب داخل علبة مثل شريط التيل ومقسم أيضا إلى أمتار وديسمترات وسنتيمترات وأحيانا يقسم المتر الأول إلى ملليمترات شكل (٣)



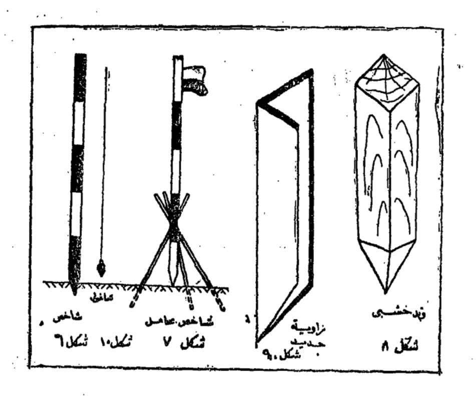
شكل ٤

(٤) الشوكة : هي سيخ من الحديد أو الصلب طولها حوالي ٣٠ سم وسمكها حوالي ٣ مم أحد طرفيها مدبب لسهولة غرسها والثاني ملتوي على شكل حلقة لاستخدامها كمقبض . والشوكة تستعمل في بيان عدد مرات القياس بالجنزير

وفي بعض العمليات تستعمل شوكة مزودة بثقل قريبا من طرفها ليجعلها تسقط رأسيا إذا ما تركت وتسمى في هذه الحالة بالشوكة المثقلة (شكل ٥)



(٥) الشاخص : عبارة عن عمود أسطوانى من الخشب قطره حوالى ٥ سم وأحيانا مقطعه مسدس أو مثمن منتظم) وطوله فى العادة يتراوح بين مترين ونصف وثلاثة أمتار وأحد طرفيه مدبب لسهولة غرسه بالأرض وملون بلونين متبادلين (شكل٦) وقد يوضع بأعلاه راية من القماش الملون لسهولة رؤيته من المسافات البعيدة (شكل٧) والشواخص تستعمل لتعيين أتجاهات الخطوط على



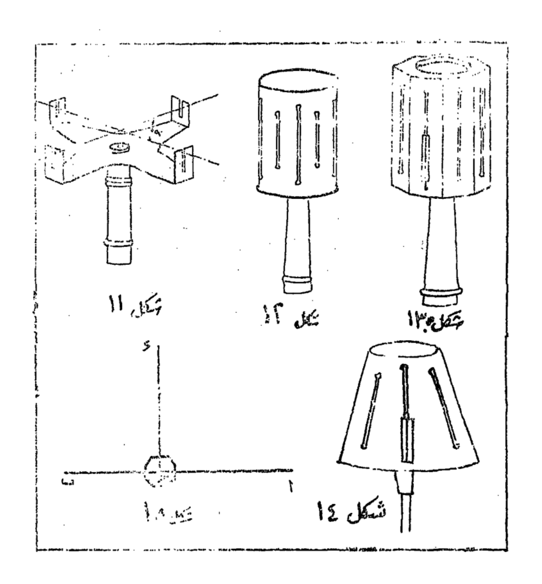
الطبيعة ويلاحظ أن تغرس راسيا تماما فى الأرض . إذا تعذر غرسها تستعمل لها حوامل خاصة (شكل ٧)

(٦) **الوتد** : قطعة من الخشب أسطوانية أو منشورية طولها حوالى ٣٠سم) وقطرها حوالى ٥ سم مدببة من أحد طرفيها ليسهل غرسها فى الأرض (شكل ٨) وتستعمل للدلالة على النقط الثابتة وإذا كانت النقط يخشى عليها من الضياع تستعمل مواسير أو قضبان حديدية أو زوايا حديدية (شكل ٩) تغرس فى الأرض ويظهر منها مقدار ٢ — ٥ سم

(٧) **ثقل وخيط الشاغول** : عبـــارة عن ثقل عادى وهو مختلف الأشكال وغالبا ما يكون مخروطى ويستعمل معه خيط متين لتعليقه رأسيا وهو يستعمل فى عمليات التسامت وفى ضبط رأسية حواف وأركان المبانى شكل (١٠)

(٨) **المثلث المساح** :

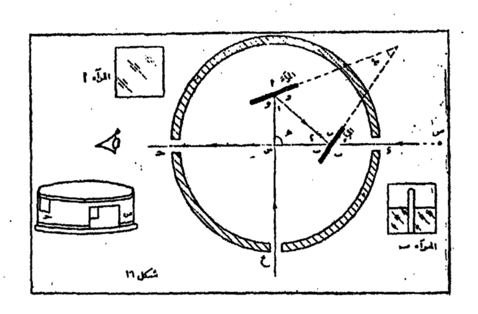
له أشكال كثيرة وأبسطها يسمى المثلث المكشوف شكل (١١) وهو مكون من أربعة أذرع متعامدة بها شروخ النظر من خلالها وهو مصنوع بحيث يكون كل شرخين متقابلين واقعين فى مستوى رأسى واحد عمودى على مستوى الشرخين الآخرين . وخط تقاطع هذين المستويين هو عبـــارة عن المحور الرأسى للمثلث المساح — والنوع الثـــانى إما أسطوانى الشكل أو ذو ثمانية أوجه منتظمة أو مخروطى الشكل كما فى الأشكال (١٢ — ١٤) ويصنع عادة من النحاس ، ويوجد بجداره أربعة شروخ رأسية تحدد اتجاهين متعامدين كما يوجد فى بعضها أربعة شروخ رأسية أخرى لتوقيع زوايـــا ٤٥°. ويستعمل المثلث المساح فى تعيين الاتجاهات ومدها وإقامة الأعمدة عليها



(٩) المثلث ذو المرايا والمنشور الرئى

وهى أجهزة تستخدم لإقامة الأعمدة ومصممة على أساس أنه إذا إنعكس شعاع ضوئى مرتين متواليتين على سطحين عاكسين كانت الزاوية الواقعة بين الشعاع الساقط والمنعكس مساوية لضعف الزاوية الواقعة بين السطحين العاكسين (شكل ١٦)

فإذا جعلنا الزاوية بين هذين الوجهين ٤٥° فإن الزاوية بين الشعاعين تساوى زاوية قائمة



وفى شكل (١٦)

الزاوية (١) = ١٨٠° − ٢ و ، الزاوية (٢) = ١٨٠° − ٢ ب

الزاوية هـ = ١٨٠ − (١٨٠° − ٢ ب) − (١٨٠ − ٢ و)

= ١٨٠° − ١٨٠° + ٢ و − ١٨٠° + ٢ ب

= ٢ (ب + و) − ١٨٠

ولكن ب + و = ١٣٥°

∴ الزاوية هـ = ٢ × ١٣٥ − ١٨٠ = ٩٠°

والمثلث ذو المرايا عبارة عن صندوق أسطوانى قطره حوالى ٥ سم وسمكه حوالى ٢ سم وله غطاء ، وبالصندوق مرآتان ا ، ب عموديتان على قاعدته بين

مستويها زاوية مقدارها ٤٥° وبمساط الصندوق فتحتان حـ ، و للنظر خلالها (المرآة ب أحد نصفيها غير مفضض) وفتحة ثالثة ع يمكن من خلالها إنعكاس المرئيات على المرآة .

والمنشور المرئى مشابه فى تركيبه للمثلث ذو المرايا وهو عبارة عن منشور ذو خمسة أوجه إثنان منها مفضضان يعملان عمل المرايا والزاوية بينهما ٤٥°

اقامة عمود من نقطة على خط مستقيم بالمثلث المساح

بوضع المثلث المساح على حامل فوق النقط المراد إقامة الأعمدة منها ، فإذا فرض إتجاه مثل ا ب (شكل ١٥) وأريد إقامة عمود عليه من حـ مثلا اضع شاخصا فى نقطة ب واضع الجهـــاز فى نقطة حـ وانديره حتى نتمكن من رؤية الشاخص الموضوع فى ب خلال زوج من الفتحات المتقابلة وتثبته فى هذا الوضع ثم ننظر خلال الزوج الآخر العمودى ونأمر شخصا حاملا شاخص بالتحرك حتى نرى الشاخص فى نقطة مثل و فيكون حـ و معينا للاتجاه العمودى المطلوب

طريقة اسقاط عمود من نقطة على خط مستقيم

نضع المثلث المساح أو المنشور المرئى أو المثلث ذو المرايا على الخط ا ب بالنظر فى وضع تقريبى مثل حـ$_1$ ونرصد ا ، ب ونقيم العمود حـ$_1$ ى$_1$ بحيث يكون ى ى$_1$ موازيا بالنظر للخط حـ حـ$_1$ ثم يقاس الطول ى ى$_1$ ونحرك المثلث المساح من حـ$_1$ إلى حـ مسافة تساوى ى ى$_1$ فـــإذا لم نتمكن من رؤيتها نكرر العمل حتى نتحقق من رؤية ا ، ب من حـ ثم ى من حـ أيضا .

إقامة عمود من نقطة على خط مستقيم بالمثلث ذو الزوايا :

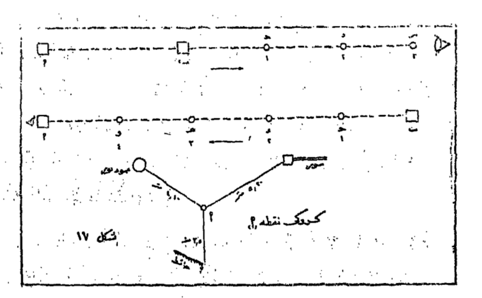
إذا أردنا إقامة عمود على إتجاه ما من نقطة عليه مثل س نقف بالجهاز فوق نقطة س (شكل ١٦) ونضع شاخصا فى نقطة ص ثم ننظر من خلال الثقب ج والفتحة المقابل له د على الشاخص الموضوع فى ص ثم نأمر شخصا بالتحرك بشاخص أمام الفتحة ع حتى نرى صورته المنعكسة فى المـــرآة ا على المرآة ب على إمتداد الشاخص الموضوع فى ص فيكون معينا للإتجاه العمودى المطلوب ، وقد يستعمل هذا الجهاز فى إيجاد مسقط نقطة معينة على إتجاه معلوم .

تثبيت النقط وتخطيط الخط المستقيم

تثبيت النقط :

لتثبيت مواقع النقط فى الغيط تستخدم الأوتاد الخشبية أو زوايا معدنية أو مواسير رفيعة أو مسامير . فللأعمال المساحية المؤقته تستخدم الأوتاد الخشبية أما النقط الدائمة التى نحتاج إليها من وقت إلى آخر فتستخدم كتلة خرسانية مثبت فيها مسمار أو جاويط معدنى

والنقط الدائمة مسجلة بمصلحة المساحة ويمكن لرجوع إليها فى أى وقت أما النقط المؤقته التى يضعها المساح لغرض معين فيجب عمل كروكيات لهاتبين موقع النقطة بالنسبة إلى معالم ظاهرة وثابتة فى الموقع (ثلاثة على الأقل) وذلك بقياس أبعـــاد النقطة عن هذه النقط المعالم كما هو مبين فى (شكل ١٧) وبمساعدة هذه الكروكيات يمكن معرفة مكان النقطة بالرجوع إليها بسهولة وتثبيت مواقع هذه النقط من جديد فى حالة إزالة الأوتاد أو الزوايا من أماكنها


شكل ١٧

وكما سبق ذكره تحدد النقط الموجودة على سطح الأرض بمساقطها العمودية على سطح المقارنة لذلك يجب رصد الإتجاه العمودى المار بالنقطة ويحدد هذا الإتجاه بوضع شاخص رأسى فوقها

ويراعى عند تثبيت الشاخص أن يكون رأسيا تماما وذلك بمساعدة خيط شاغول أو ميزان تسوية ، فاذا لزم تثبيت الشاخص فى أرض صلبة فيستخدم حامل ذو ثلاثة شعب لهذا الغرض

تخطيط الخط المستقيم :

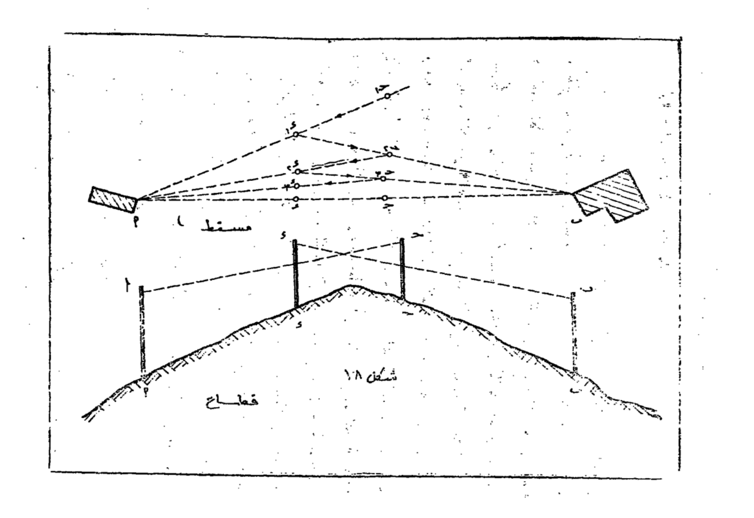
تخطيط الخط المستقيم معناه وضع عدة نقط على سطح الأرض تقع جميعها فى مستوى رأسى واحد وتكون المسافة بين هذه النقط فى الأراضى المنبسطة من ٥٠ متر الى ١٠٠ متر وفى الأراضى الجبلية أو الوعرة من ٢٠ — ٥٠ متر ويحدد الخط المستقيم بنقطتين فيه ويكون واجب التخطيط هو تحديد عدة نقط تقع على استقامته وهنا يجب التمييز بين حالتين

١ — إذا كانت النقط تقع خارج النقطتين المحددتين للخط ا ب ، فى هذه الحالة يوجه الراصد نفسه وهو ممسك بشاخص حـ على إستقامة الخط ا ب المحدد بالشاخصين ا ، ب ويحدد النقطة حـ بحيث تنطبق الشواخص الثلاثة حـ ، ب ، ا على بعضها ، وبالمثل يمكن تحديد النقط الأخرى د ، هـ ، وباستعمال هذه الطريقة يمكن تخطيط مستقيم طوله واحد كيلو متر بدقة كافية وذلك بالعين المجردة شكل (١٧)

٢ — إذا كانت النقط تقع بين النقطتين ا ، ب المحددة للخط ، فى هذه الحالة يجب الإستعانة بأحد المساعدين الذى يتحرك بالقرب من الخط ممسكا شاخصا بيده ويوجه الراصد إلى الأمام والخلف إلى أن تنطبق الشواخص الثلاثة ا ، ب ، حـ على بعضها ويراعى هنا أن تحدد النقط البعيدة أولا فاذا كان الراصد موجودا عند النقط ا فانه يحدد النقطة حـ أولا ثم النقطة و ثم النقطة هـ وهكذا إلى أن ينتهى عند النقطة ا (شكل ١٧)

تخطيط خط مستقيم لا يمكن رؤية احدى نهايتيه من الاخرى بسبب بعد المسافة او وجود مرتفع بينهما :

لاجراء ذلك تختار نقطتان حـ١ ، ى١ تتوسط المسافة بين ا ، ب بحيث يمكن رؤيتها من كل نهايتى الخط ا ، ب ويوضع فيهما شاخصان . من نقطة حـ١ يوجه الشاخص ى١ فى الإتجاه حـ ا ثم يثبت فى نقطة ى١ . بعد ذلك يوجه الشاخص حـ١ فى الإتجاه ى١ ب ثم تثبت نقطة حـ٢ . يوجه الشاخص ى١ فى الإتجاه حـ٢ ا ثم يثبت فى نقطة ى٢ ويتكرر العمل هكذا إلى أن نصل إلى وضع يمكن فيه من نقطة حـ رؤية الشواخص حـ ، د ، ا من نقطة د الشواخص د ، حـ ، ب على إستقامة واحدة — فى هذه الحالة تقع النقط ا ، حـ ، د ، ب على خط مستقيم شكل (١٨)



شكل ١٨

قياس خط بالجنزير او الشريط الصلب

اولا – اذا كانت الارض منبسطة

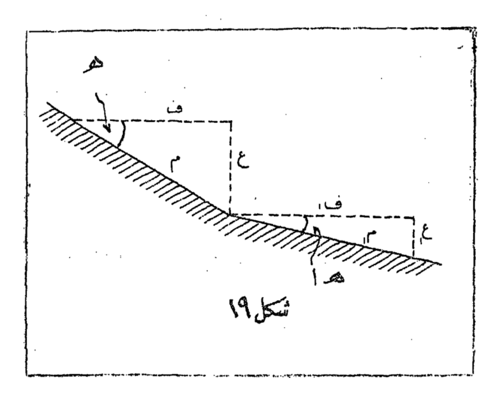
تحدد نهايتا الخط ا ب بشاخصين ويقوم بالقياس رجـــلان – الأمامى والخلفى – فيأخذ الأول (الأمامى) ١٠ شوك معه ويفرد الجنزير أو الشريط فى اتجاه الخط ويقبض بيده اليمنى على أحد المقبضين أو نهاية الشريط ويلاصقه بشوكة مراعيا أن تكون رأسية تمـــاما ويمسك الخلفى المقبض الآخر أو صفر الشريط ويثبته فوق النقطـة (ا) . ويوجه الأمامى حتى تصبح الشوكة التى بيده واقعة فى إتجاه الخـط ا ب عندئذ يشد الأمامى الجنزير أو الشريط ويشده ثم يثبت الشوكة عند نهايته ، بعد ذلك يترك الأمامى الشوكة الأولى فى مـــكانها ويسير بالجنزير أو الشريط فى إتجاه الخط إلى أن يصل الخلفى إلى الشوكة فيوجه الأمامى كما سبق حتى تقع الشوكة الثانية التى بيد الأمامى على إستقامة الشاخص ب والشوكة الأولى . عندئذ يشد الأمـــامى الجنزير أو يشد الشريط جيدا ثم يثبت الشوكة الثانية عند نهايته فيستمر العمل بهذه الكيفية حتى نصل إلى نقطة ب فيكون طول الخط ا ب بالمتر = عدد طرحـــات الجنزير × ٢٠ مضافا اليها طول الجزء الأخير من الخط ويلاحظ أن عدد طرحـات الجنزير هو نفسه عدد الشوك الذى جمعها الخلفى

ثانيا – الأرض منحدرة ومنتظمة الانحدار

لما كان المطلوب هو رسم مسقط أفقى للمناطق المطـــلوب رفعها ، لذا يجب الحصول على المساقط الأفقية للمسافات المائلة ، لذلك تقاس المسافة المائلة ا ب بالطريقة السابقة – ثم تحسب المسافة الأفقية بعد ذلك بإحدى الطريقتين الآتيتين :

١ — بمعلومية فرق ارتفاع طرفى الخط

إذا قيس البعد الرأسى بين طرفى الخط المائل المقاس بواسطة الشريط وخيط الشاغول أو الميزانية (شكل ١٩) فإنه يمكن حساب المسافة الأفقية من المعادلة



شكل ١٩

$$ف = \sqrt{م^٢ - ع^٢} \quad ... (١)$$

حيث : ع = البعد الرأسى بين طرفى الخط المائل

ف = المسافة الأفقية ، م = المسافة المائلة

ويمكن حساب ف بطريقة تقريبية من المعادلة :

$$ف = ل - \frac{ع^2}{2\,ل} \qquad \cdots (2)$$

ب — بمعلومية زاوية انحدار سطح الأرض

إذا كانت زاوية الانحدار هى هـ° (شكل ١٧) فإنه المسافة الأفقية ف يمكن حسابها من المعادلة :

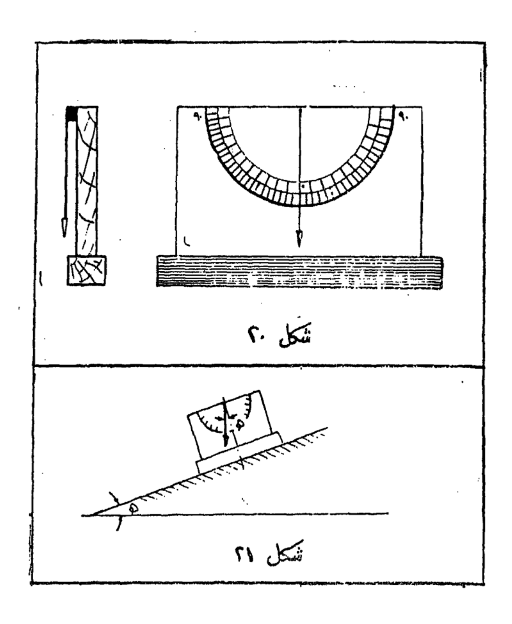
$$ف = ل \text{ جتا } هـ \qquad \cdots (3)$$

وهناك معادلة تقريبية يمكن منها مباشرة استنتاج الطول الأفقى ف

$$ف = ل - ٠٫٠٠٠١٥ \, ل \, هـ^2 \qquad \cdots (4)$$

وهذه المعادلة تعطى نتائج كافية جداً إذا كانت الزاوية صغيرة ولا تتعدى ١٥°، وتقاس زاوية ميل الأرض بأجهزة مختلفة أبسطها هو جهاز **الكلينومتر أو جهاز قياس الميل** وهو يتركب فى أبسط أنـــواعه من لوحة مستطيلة من الخشب مثبتة عليها منقلة نصف دائرية دقتها حتى نصف درجة ويتدلى من مركزها خيط شاغول (شكل ٢٠) ، وهذه اللوحة مثبتة فى قاعدة أفقية من الخشب . ولإستعماله فى قياس زاوية الميل على سطح المنحدر فى إتجاه الخط المراد قياسه فنجد أن خيط الشاغول يأخذ وضعا رأسيا دائما — وينطبق على قراءة المنقلة فنحصل على زاوية الميل المطلوبة (شكل ٢١) .

وهناك نوع آخر شائع الاستعمال ويتركب من مسطرتين متصلتين ببعضهما إتصالا مفصليا بحيث يمكن تغيير الزاوية المحصورة بينهما وقياسها بواسطة قوس من النحاس على شكل ربع دائرة مقسم إلى الدرجات وأجزاءها من صفر إلى ٩٠° ومركب على المسطرة العلــيا عند المفصلة — وبالمسطرة العليا ميزان تسوية بتوسطها وبه يمكن ضبط هذه المسطرة أفقيا



شكل ٢٠

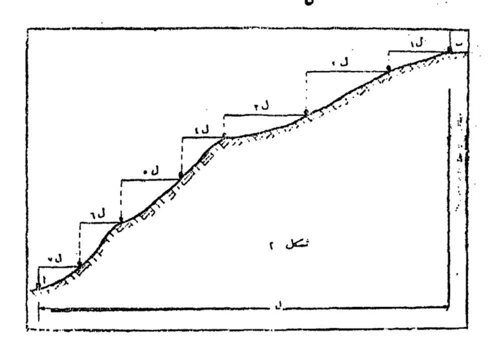
شكل ٢١

ولإستعمال هذا الجهاز يلزم وضع لوح طويل من الخشب على الأرض المائلة ثم يوضع هذا الجهاز بساقه السفلى على اللوح المذكور وترفع الساق العليا إلى أعلى حتى تصير أفقية ويستدل على ذلك بواسطة ميزان التسوية المثبت فوق هذه الساق ثم تقرأ الزاوية الواقعة بين الساقين فتكون هى زاوية إنحدار سطح الأرض .

ثالثا — الأرض متحدرة والانحدار غير منتظم

إذا كان ميل الأرض غير منتظم فتتبع طريقة السلالم للحصول على طول المسقط الأفقى للخط ، حيث يبدأ القياس من النقطة العليا فيمسك الخلفى مقبض الجنزير أو بداية الشريط ويمسك الأمامى المقبض الآخر أو علامة من علامات الجنزير أو الشريط يتوقف إختيارها على درجة ميل الأرض حيث يكون فرق الإرتفاع معقولا ويشد الجنزير أو الشريط أفقيا فى الإتجاه ا ب شكل (٢٢) وبمساعدة خيط شاغول يمكن تحديد النقطة حـ ويكرر القياس إلى أن نصل إلى النقطة ب ويكون الطول الكلى لمسقط ا ب مساويا لمجموع الأطوال المقاسة

$ل_١ + ل_٢ + ... + ل_ن$



شكل ٢٢

الاحتياطات الواجب مراعاتها اثناء القياس بالجنزير :

١ — على الخافى أن يوجه الأمامى بعناية فى إتجاه الخط

٢ — يجب أن يشد الأمامى الجنزير بعد نثره عدة مرات وقبل تثبيت الشوكة

٣ — يثبت الأمامى الشوكة خارج مقبض الجنزير والخافى داخله .

٤ — يقارن طول الجنزير بالشريط الصلب للتأكد من طوله الفعلى .

الاخطاء فى قياس الاطوال بالشريط اوالجنزير

سبق أن بينا كيفية الحصول على المساقط الأفقية الاطوال المقاسة إلا أن هذه الأطوال يجب أن يجرى لها تصحيحات لأخطاء قد تحدث نتيجـــة القياس بجنزير غير مضبوط أو أن يجرى القياس بتعليق الجنزير أو الشريط تعليقا حرا من طرفيه مما يتسبب عنه ترخيم فى منتصفه .. الخ . وفيما يلى تذكر كيفيه إجراء التصحيحات الأخطاء المختلفة :

١ — الخطأ الناتج من القياس بجنزير أو شريط غير مضبوط :

إذا إختلف طول الجنزير أو الشريط الفعلى $ل_١$ عن الطول الأسمى ل فإنه يمكن تصحيح المقاسات المأخوذة بالجنزير والشريط غير المضبوط وذلك كما يلى:

∴ التصحيح للطرحة الواحدة ح = $ل_١$ — ل

فيكون التصحيح الكلى فى طول الخط = ح × عدد الطرحات .

ويمكن مباشرة حساب الطول المصحح للخط المقاس من المعادلة الآتية :

$$\frac{\text{الطول الحقيقى للخط}}{\text{الطول الخطأ للخط}} = \frac{\text{طول الجنزير أو الشريط الحقيقى}}{\text{طول الجنزير أو الشريط الأسمى}} \quad \cdots (٥)$$

وإذا إستخدم الجنزير أو الشريط الخاطىء فى قياس أبعاد قطعة أرض بغرض حساب مساحتها فإن المساحة الحقيقية يمكن حسابها من المعادلة الآتية :

$$\frac{\text{المساحة الحقيقية}}{\text{المساحة الخطأ}} = \frac{(\text{طول الشريط الحقيقى})^٢}{(\text{طول الشريط الأسمى})^٢} \quad \cdots (٦)$$

٢ — الخطأ الناشىء عن الترخيم (Sag)

وهذا الخطأ ينشىء عن عدم أفقية الجنزير تحت تأثير ثقله عند تعليقه حراً من طرفيه يأخــذ شكل منحنى السكتينة المعروف فى المستوى الرأسى فيكون الطول المقروء عبـــارة عن قوس المنحنى بينما الطول المراد هو وتر هذا المنحنى ويكون التصحيح كما يلى :

إذا كان الترخيم عند منتصف المسافة هو ت

وطول الشريط أو الجنزير هو ل

فتكون المسافة الحقيقية بين نقطتى تعليق الشريط أو الجنزير هى ف التى يمكن حسابها من المعادلة :

$$\text{ف} = \text{ل} - \frac{٨\text{ت}^٢}{٣\text{ل}} \quad (٧)$$

٣) الخطأ الناشىء من التوجيه : وينتج عنه فى القيـــاس خط متكسر بدلا من الخط المستقيم وبذلك نحصل على طول أكبر من الحقيقة . يمكن الحصول على الطول المضبوط بإستخدام المعادلة (٢) بإعتبار (ع) هى مقدار الزحزحة لنقط الخط عن موضعها الصحيح.

٤) الخطأ الناشىء عن عدم افقية الشريط او الجنزير : وينتج عند القياس فى مستوى مائل ـ وبذلك نحصل على طول أكبر من الحقيقى والتصحيح يتم فى هذه الحالة بإستخدام المعادلات (١) الى (٤).

٥) الخطأ الناشى عن الاهمال فى عد وغرس الشوك وقراءة كسور الجنزير : وهذا يمكن تلافيه بالإهتمام أثناء إجراء العمل .

رفع التفاصيل على الخريطة

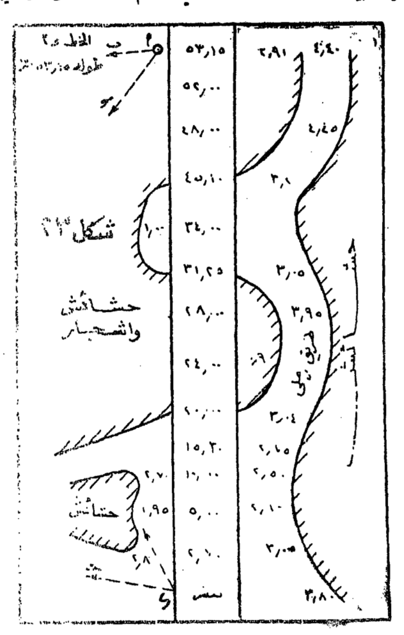
ويطلق على هذه العملية أسم التفريد أو التحشية ، ولرفع تفاصيل قطعة من الأرض تتبع الخطوات الآتية :

١ ـ يرسم كروكى للمنطقة بعد التجول فيها .

٢ ـ تعيين نقط أساسية لتحديد خطوط الهيكل العام فى المنطقة (المضلع) وهو عبارة عن مجموعة من المثلثات المتجاورة والتى يمكن قياس أطوال أضلاعها لذلك يجب مراعاة إمكان الرؤية والقيـــاس بين كل نقطتين متتاليتين ، وأن تكون خطوط المضلع قريبه من حـــدود المنطقة وبعيدة عن حركة المرور ما أمكن ، ولاتقـــل الزوايا بينها عن ٣٠° ، ولاتزيد عن ١٢٠° ويطلق اسم خط الجذير على كل خط من خطوط الهيـــكل ، كما يراعى أن تكون أطوال الأضلاع فى حدود ١٠٠ ـ ٢٠٠ متر .

٣ - تثبت أوتاد فى مواضع النقط التى حددت ويرسم لكل نقطة كروكى يبين عليه على الأقل ثلاثة أبعاد الرصد عن معالم ظاهرة وثابتة فى الموقع .

٤ - تقاس أطوال جميع الخطوط الواصلة بين النقط وتتم عملية التفريد أثناء القياس بإسقاط الأعمده من النقط المميزة لمعالم المنطقة أو التى يتغير فيها إتجاه



المحدود على خط الجنزير دقياسها والذين نتائجها فى دفتر مساحة الغيط مع قراءات الجنزير المقابلة لها ، ولكى لا تختلط أطوال الاحداثيات مع أطوال الجنزير تكتب الاخيرة دائما بين خطين متوازيين كما هو مبين فى شكل (٢٣) .

أما إذا كانت المعالم المطلوب رفعها غير منتظمة فتقسم إلى عدة أطوال يمكن إعتبار كل منها خط مستقيم ثم تؤخذ لها الإحداثيات اللازمة .

أما إذا كان المطلوب رفع حد له أنحناء منتظم مثل خط سكة حديد أو سور حديقة فتؤخذ الإحداثيات على أبعاد متساوية على خط الجنزير .

وعندما تزيد أطوال الإحداثيات عن طول الشريط المستعمل فى قياسها (٢٠ متر) فيستخدم للسهولة خطوط أخرى إضافية .

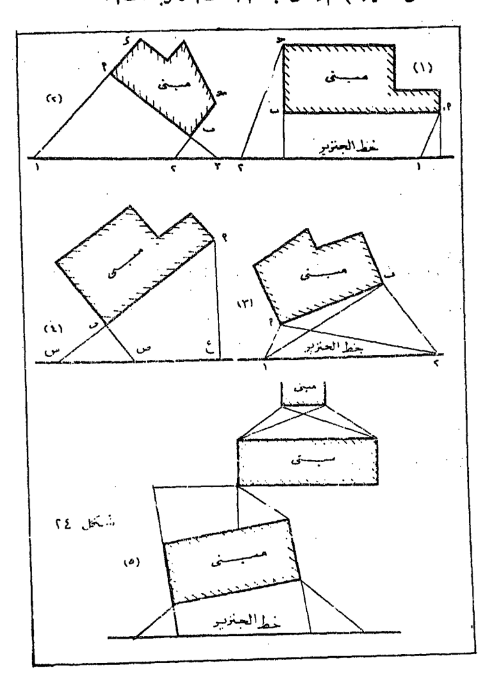
٥ - يجب قياس الخطوط للتحقيق قبل مغادرة المنطقة وهى خطوط إضافية تأخذ فى المضلع مثل أقطار الأشكال الرباعية أو خطوط تصل بين نقط معلومة على أضلاع المثلثات المختلفة وذلك لتحقيق العمل عند رسم الخريطة .

طرق رفـع المبـانى

تختلف طرق رفع المبانى من مبنى لآخر حسب ظروف كل مبنى ، ولكن تتفق جميع الطرق فى قيـاس الأبعاد الخارجية للمبنى إن أمـكن ، وفيما يلى بعض طرق رفع المبانى :

١ - إذا كان المبنى مجاورا لخط الجنزير وموازيا له بالتقريب تتبع الطريقة العادية بإسقاط الأعمدة من النقطتين و ... ثم يقاس البعدان (ا ١) ، (حـ ٢) وذلك كنـوع من التحقيق حيث (١) ، (٢) هما قراءتان صحيحتان على خط الجنزير (يستحسن أن تـكون إحدى علامات الجنزير) (شكل ٢٤ - ١) .

٢ - إذا كان المبنى مائلا بزاوية صغيرة على خط الجنزير (شكل ٢٤ - ٢) . بحيث يمكن قراءة تقاطع إمتداد واجهة المبنى الطويلة مع خط الجنزير فان مواقع تقاطع إمتـداد الوجهين ا ب ، ء ا ، حـ ب تحدد مع خط الجنزير (النقط ٣ ، ٢ ، ١ على الترتيب) ثم يقاس البعد ا ١ ، ب٢ والرباط ب٣ .



شكل ٢٤

٣ - كل مبنى يمكن رفعه بطريقة التحشية المثلثية ، وتتلخص هذه الطريقة فى قياس الأبعاد ا ١ ، ا ٢ ، ب ١ ، ب ٢ كما هو مبين فى شكل (٢٤-٣) حيث ١ ، ٢ هما قراءتان صحيحتان على الجنزير - بذلك يتحدد مكان الواجهة ا ب.

٤ - إذا كان المبنى مائلا بزاوية كبيرة على خط الجنزير يحدد إمتداد الواجهتين ا ب ، هـ ب مع خط الجنزير ثم تقاس الأطوال ب س ، ب ص والرباط ا ع العمودى على خط الجنزير شكل (٢٤ — ٤) .

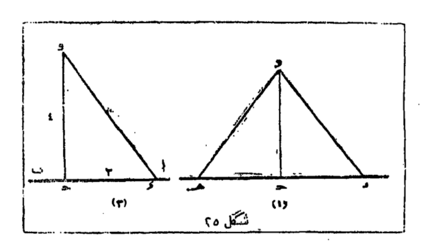
٥ - يمكن رفع مبنى آخر سبق رفعه وذلك كما هو مبين بالشكل (٢٤-٥) .

بعض العمليات المستخدمة عند عمل مساحة بالجنزير

١ — اقامة عمود من نقطة على اتجاه معلوم

ا - تقاس مسافتان متساويتان حـ ء = حـ هـ (أقل عن ٥متر) على جانبى النقطة المراد إقامة العمود منها حـ . تثبت حلقة الشريط عند ء ، ونهايته فى نقطة هـ ثم يشد من المنتصف فتتحدد نقطة و فيكون و حـ هو العمود المطلوب (شكل ٢٥ — ١) .

ب - ويمكن إستخدام طريقة مثلث ٣ - ٤ ٥ القائم الزاوية فيفرد الشريط بطول ١٢ متر وتثبت حلقة الشريط عند نقطة ء تبعد عن حـ المراد إقامة العمود منها ٣ متر على الإتجاه ا ب ، ثم تثبت القراءة ٣ متر فى نقطة حـ ، والقراءه ١٢ متر عند نقطة ء ويشد الشريط جيدا عند القراءة ٧ متر فنحصل على و ، ويكون و حـ هو العمود المطلوب (شكل ٢٥ - ٢) .



شكل ٢٥

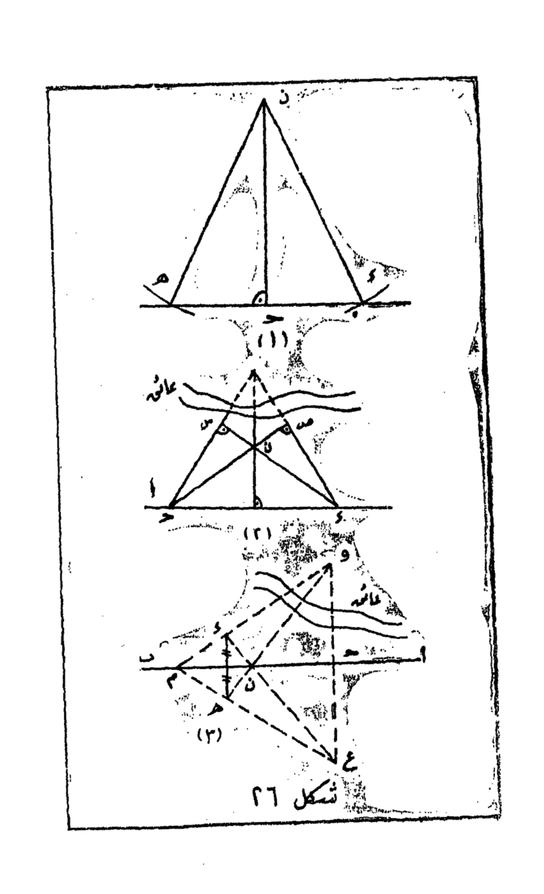
٢ - انزال عمود على اتجاه نقطة خارجه عنه

يمكن إجراء ذلك بأحد الطرق الآتية :

ا - بطول ثابت من الشريط ومن نقطة (و) تحدد النقطتان ى هـ على الخط ا ب ثم تنصف المسافة بينهما فى نقطة حـ فيكون و حـ هو العمود المطلوب (شكل ٢٦ - ١) .

ب - أما إذا لم يمكن الوصول إلى النقطة (و) وكان طول العمود أكثر من طول الشريط المستخدم فتحدد النقطتان ى ، هـ على الخط ا ب ، من ى ، هـ نسقط العمودين ى س ، هـ ص على الخطين و هـ ، و ى بالطريقة السابقة فيتقابلان فى النقطة ط — إمتداد و ط يقابل ا ب فى نقطة حـ ، ويكون الخط و ط حـ عموديا على ا ب (شكل ٢٦ - ٢) .

حـ - ويمكن إجراء هذا أيضا بأن نقيم من نقطة ل عمودا على الإتجاه ا ب ونأخذ عليه النقطتين ى ، هـ بحيث يكون ل ى = ل هـ . نحدد النقطتين م ، ط (م على إمتداد و ى ، ط تقاطع و هـ مع ا ب) الخطان ى ط ، م هـ يتقابلان فى نقطة ع . و ع عمودى على ا ب ويقطعه فى نقطة حـ ويكون هو العمود المطلوب (شكل ٢٦ — ٣) .



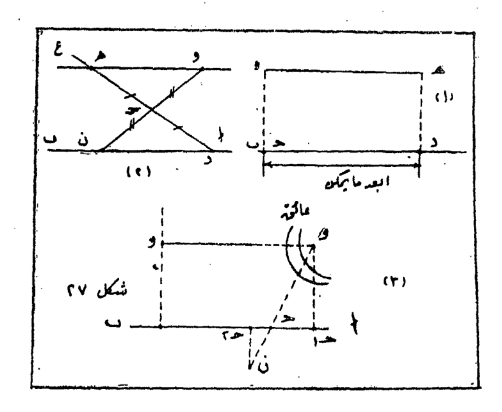
شكل ٢٦

٣ ـ تعين اتجاه يوازى اتجاه اخر ويمر بنقطة معلومه :

١ ــ النقطة المعلومة (و) نسقط العمود و حـ على الإتجاه المعلوم ا ب ثم نقيس طوله ، نختار بعد ذلك نقطة ى على هذا الاتجـــاه بعيدة ما أمكن عن مسقط العمود (حـ) ونقيم منها العمود ى ع ونأخذ عليه الطول ى هـ = حـ و فيكون الخط و هـ موازيا للخط ا ب (شكل ٢٧ -١) .

حل آخر

٢ ــ نعين النقطة هـ على الإتجاه ا ب ، ثم نقيس المسافة و هـ وننصفها فى نقطة حـ . من أى نقطة (ى) على ا ب نعين الإتجاه (ى ع) الذى يمر بنقطة حـ نأخـــذ عليه المسافة حـ هـ = حـ ى فيكون الخط و هـ موازيا للخط ا ب (شكل ٢٧ — ٢) .



٣ - فإذا تعذر قياس و حـ بالحلين السابقين فإنه يمكن تكوين مثلثين متشابهين بأن نسقط عمود من (و) على (ا ب) (شكل ٢٧ - ٣) بإحدى الطرق السابقة ليقطع ا ب فى حـ ثم نأخذ على ا ب مسافتين حـ$_١$ حـ ، حـ$_٢$ حـ بحيث تكون النسبة بينهما هى

$$\frac{\text{حـ}_١ \text{حـ}}{\text{حـ}_٢ \text{حـ}} = \text{ث}$$

نقيم من حـ$_٢$ عمود فى الجهة الأخرى من الاتجاه ا ب فيقابل إمتداد الخط و حـ فى هـ ، نقيس الطول هـ حـ ثم نحسب منه الطول و حـ$_١$ = ث هـ حـ$_١$.

ويتم العمل بعد ذلك كما هو مذكور بالحل الأول .

٤ - رفع المضلعات التى يتعذر قياس أقطارها

ا - لإمكان رسم هيكل المنطقة على اللوحة نفرض أن المضلع المحيط بالقطعة المراد رفعها هو ا ب حـ و هـ و وأن رؤوسه عينت فى الطبيعة وقيست أضلاعه الخارجية .

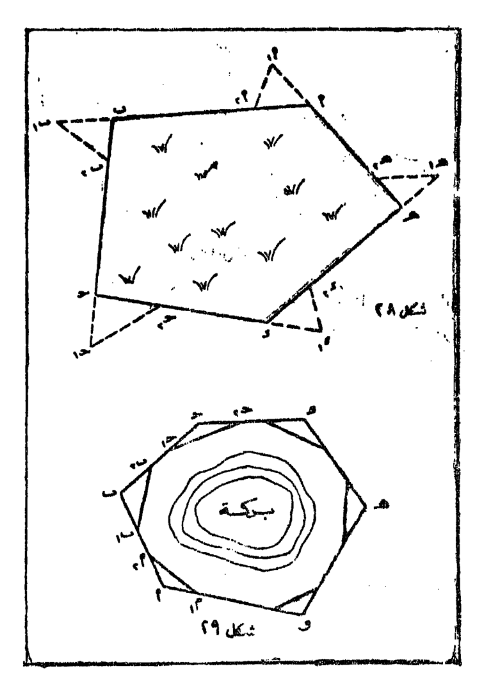
ب - نعين البعد ب ب$_١$ ، ب ب$_٢$ على الاتجاهين ب ا ، ب حـ و تقاس الأبعاد الثلاثة ب ب$_١$ ، ب ب$_٢$ ، ب$_١$ ب$_٢$ وبذلك تتحدد الزاوية بشكل (٢٨) .

حـ - نعين البعد حـ حـ$_١$ ، حـ حـ$_٢$ على الاتجاهين حـ ب ، حـ و وتقاس الأبعاد الثلاثة حـ حـ$_١$ ، حـ حـ$_٢$ ، حـ$_١$ حـ$_٢$ وبذلك تتحدد الزاوية حـ .

و - لرسم القطعة يوقع الضلع ا ب فى اتجاه مناسب على اللوحة ثم نعين ب$_١$ ونركز فى ب ، ب$_١$ وبفتحة تساوى ب$_١$ ب$_٢$ ، ب ب$_٢$ وبمقياس الرسم الذى رسمنا به الضلع ا ب نرسم قوسين يتقاطعان فى ب$_٢$ ونصل ب ب$_٢$ ونمده على

استقامته ليتحدد الاتجاه ب ح وتوقع عليه النقطة ح وهكذا حتى ننتهي من تعيين رؤوس المضلع كلها

هـ - إذا كانت طبيعة المنطقة لا تسمح بقياس الأبعاد $ب_١ ب_٢$ ، $هـ_١ هـ_٢$



شكل ٢٨

شكل ٢٩

داخل المضلع فتقاس هذه الأبعاد خارج المضلع فيؤخذ ب س على إمتـداد ا ب ، حـ ص على إمتداد ب حـ وهكذا شكل (٢٩) ويتم العمل بنفس الطريقة السابقة لتحديد رؤوس المضلع .

٥ – قياس المسافة بين نقطتين يفصلهما عائق يمنع القياس المباشر

يمكن إجراء ذلك بإحدى الطرق الآتية :

ا – نعين النقطتين حـ ، ء على الاتجـاه ا ب ، ومن إحدى هاتين النقطتين ولتكن ء نأخذ الإتجاه (ء و) ونسقط عليه العمـود (حـ هـ) من نقطة حـ فيكون حـ ء $= \sqrt{(\text{حـ هـ})^2 + (\text{هـ ء})^2}$ (شكل ٣٠ — ١)

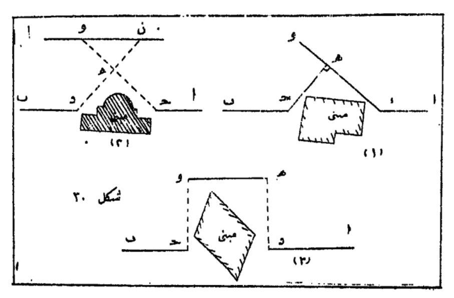
ب – نعين النقطتين حـ ، ء على الاتجاه ا ب ثم ننشىء المثلثين المتشابهين حـ هـ ء ، ن هـ و (شكل ٣٠ - ٢) فينتج أن :

$$\boxed{\text{حـ ء} = \text{و ن} \times \frac{\text{هـ ء}}{\text{و هـ}}} \qquad \ldots (٨)$$

حـ – نعين النقطتين حـ ، ء على الاتجـاه ا ب ثم نقيم منهـا العمودين حـ و ، ء هـ بحيث يكون حـ ء = و هـ ، وبذلك يكون حـ ء = و هـ (شكل ٣٠ - ٢) .

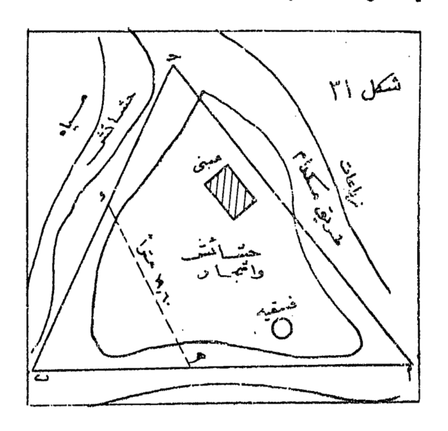
وفي جميع الحـالات السابقة يكون طول الخط المطلوب مساويا مجمـوع المسافات المقاسة قياس مباشر وغير مباشر أي أن :

$$\boxed{\text{ا ب} = \text{ا ء} + \text{ء حـ} + \text{حـ ب}}$$



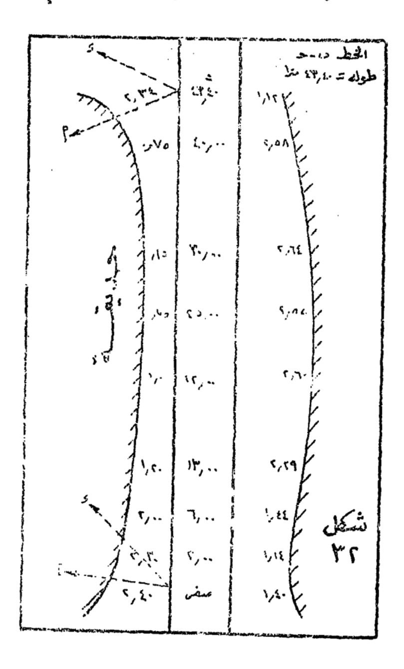
مثال على المساحة بالجنزير :

شكل (٣١) يبين جزء من حديقة محاط بثلاث طرق وبه كشك مستطيل وفسقية ولعمل مساحة له أتبعنا الآتى :



أخذنا النقط ا ، ب ، حـ لتسكون مضلع عبارة عن مثلث ليتمشى مع شكل المنطقة فتكون الخطوط الرئيسية أى خطوط الجزر هى ا ب ، ب حـ ، حـ ا .

وعملية التحضية تمت بالنسبة للثلاث خطوط ا ب ، ب حـ ، حـ ا للتحقيق أخذت نقطة ى على الاتجاه ب ، حـ ، هـ على الاتجاه ا ب فيكون الخط ى هـ



بمثابة خط تحقيق فيقاس طوله ويقارن بطول نظيره على الخريطة للتأكد من صحة رسم الهيكل على الخريطة .

وشكل (٢٢) يبين نموذج من واقع دفتر الغيط وعملية تحشية لخط الجنزير فى أحد المناطق المكشوفة المرفوعة بواسطة الجنزير والشريط .

أمثلة محـــــلولة

مثال ١ :

قيست مسافة بجنزير غير مضبوط فوجد أن طولها = ١٤٠٠ متر فإذا علم أن طول الجنزير المستعمل هو ١٩٫٨٥ متر ، أوجد الطول الحقيقى للخط .

الحل

$$\text{الخطأ فى الطول المقاس} = (٢٠ - ١٩٫٨٥) \frac{١٤٠}{٢٠} = ١٠٫٥٠ \text{ مترا}$$

$$\text{الطول الحقيقى للخط المقاس} = ١٤٠٠ - ١٠٫٥ = ١٣٨٩٫٥ \text{ مترا}$$

حل آخر :

$$\frac{\text{الطول الاسمى للجنزير}}{\text{الطول الحقيقى له}} = \frac{\text{المسافة المقاسة}}{\text{المسافة الحقيقية}}$$

$$\text{المسافة الحقيقية} = ١٤٠٠ \times \frac{١٩٫٨٥}{٢٠} = ١٣٨٩٫٥ \text{ مترا}$$

مثال ٢ :

قيست مسافة بجنزير فوجد أن طولها = ١٢٢٠ مترا ثم إتضح بعد ذلك أن الجنزير الذى إستعمل فى القيـــاس غير مضبوط فأعيد قياسها بجنزير اخر مضبوط فوجد أن طولها الصحيح ١٢١٣٫٩ مترا ـ أوجد مقدار الخطأ وإشارته فى الجنزير الأول .

الحـل

$$\frac{\text{الطول الحقيقى للجنزير}}{\text{الطول غير المضبوط للجنزير}} = \frac{\text{المسافة الحقيقية}}{\text{المسافة غير المضبوطه}}$$

∴ الطول الحقيقى للجنزير = $\frac{١٢١٣٫٩}{١٢٢٠} \times ٢٠ = ١٩٫٩٠$ م

∴ مقدار الخطأ فى الجنزير = ١٩٫٩٠ — ٢٠٫٠٠ = — ٠٫١٠ م

مثال ٣ :

قيس خط على المائل فكان ٣٠ مترا وكانت المسافة الرأسية بين طرفى الخط المائل ٤ مترا . ما هى المسافة الأفقية لهذا الخط محسوبة بطريقتين مختلفتين .

إحسب الخطأ النسبى فى حساب المسافة الناتج من إستخدام الطريقتين .

الحـل

اولا : بالطريقة الدقيقة :

المسافة الأفقية = $\sqrt{م^٢ - ع^٢}$

$= \sqrt{٩٠٠ - ١٦} = ٢٩٫٧٣٢$ متر

ثالثا : بالطريقة التقريبية :

$$\text{المسافة الأفقية} = \text{المسافة المائلة} - \frac{(\text{المسافة الرأسية})^{٢}}{\text{ضعف المسافة المائلة}}$$

$$\therefore \text{ف} = ٣٠ - \frac{١٦}{٢ \times ٣٠} = ٢٩٫٧٣٣ \text{ مترا}$$

∴ الفرق النـاتـج من إستخدام الطريقتين فى الحساب هو ١ مم ويـكون الخطأ النسبى عبارة عن النسبة بين الخطأ المحسوب إلى طول الخط أى أن الخطأ

$$\text{النسبى} = \frac{١}{٣٠٠٠٠}$$

مثال ٤ :

قيست مسافة أفقية بجنزير فكانت ١٦٠ مترا واتضح أن هناك ترخيم عند منتصف الجنزير عند تعليقه حراً فى كل طرحة مقداره ٣٠ سم فـــا هى المسافة الأفقية الحقيقية ؟

الحـل

$$\text{الخطأ فى الجنزير الواحد} = \frac{٨ \text{ ت}^{٢}}{٣ \text{ ل}} = \frac{٨ \times ٣٠ \times ٣٠}{٣ \times ٢٠ \times ١٠٠} = ١٫٢ \text{ سم}$$

$$\text{عدد الطرحات} = \frac{١٦٠}{٢٠} = ٨ \text{ طرحة}$$

الخطأ الكلي = ٨ × ١٫٢ = ٩٫٦ سم

المسافة الأفقية = ١٦٠٫٠٠ — ٠٫٠٩٦ = ١٥٩٫٩٠٤ مترا

مثال ٥ :

إذا كان مع الخلفي ٨ شوك وكانت قراءة الجنزير الأخيرة ٥٥ عقلة وسبق تدوين ٢٠ طرحة . فما هو طول هذا الخط المقاس ؟

الحل

$$\text{طول الخط المقاس} = (٨ + ٢٠) ٢٠ + \frac{٢٠ \times ٥٥}{١٠٠}$$

$$= ٥٦٠ + ١١ = ٥٧١ \text{ مترا}$$

مثال ٦ :

قيست مساحة قطعة أرض وذلك بقياس أبعادها بالجنزير فكانت

س ط ف

١٨ ١٧ ٥ وكان الجنزير المستعمل ينقص عقلة عن طوله الحقيقي — ما هي المساحة الحقيقية للأرض بالهكتار ؟

الحل

$$\frac{\text{المساحة الحقيقية}}{\text{المساحة المقاسة}} = \frac{(\text{طول الجنزير الحقيقي})^2}{(\text{طول الجنزير الإسمي})^2}$$

س ط ف

المساحة المقاسة = ١٨ ١٧ ٥ = ٥٫٧٤ فدان تقريبا

$$\frac{(\text{طول الجنزير الحقيقى})^2}{(\text{طوله الإسمى})^2} = \left(\frac{19.80}{20.00}\right)^2 = 0.9801$$

∴ المساحة الحقيقية $= 5.74 \times 0.9801 = 5.625$ فدان

∴ المساحة الحقيقية $= \frac{5.625}{2.38} = 2.3634$ هكتار

مثال ٧ :

إستعمل جنزير فى قياس الخط ا ب فكان طوله ١٠ طرحات و٢٢ عقلة ثم إتضح أن الجنزير المستعمل تنقصه ٤ عقلات – كما أنه عند توجيه الخط ا ب إتضح أن هناك خطأ فى التوجيه قيس عند نهاية الخط فكانت الزحزحة ٨٠ سم . ما هو مقدار الخطأ فى التوجيه بالدقائق والثوانى ؟

الحل

$$\text{طول الخط الحقيقى} = \frac{20 - 4 \times 0.20}{20} \times (10 \times 20 + 22 \times 0.2)$$

$$= 196.224 \text{ متر}$$

$$\text{الخطأ فى التوجيه هـ}'' = \frac{0.8}{196.224} \times 206265 = 841''$$

$$= 14' \; 1''$$

تمارين

١ — قيست مسافة بجنزير طوله الإسمي ٢٠ متراً وكان طولهـا ٦ شوك بالإضافة إلى جزء أقل من جنزير كامل طوله ٧٫٤٥ متر — وبفحص الجنزير وجد أنه ينقص عقله بين الشوك الثامن والعاشر . فما هو الطول الحقيقي للمسافة ؟

(الجواب : ١٢٦٫٢٥م)

س ط ف

٢ — قيست قطعة أرض بجنزير يزيد عن طوله عقلة فكانت مساحتها ١٥ ٢١ ١٢ فأوجد المساحة الحقيقية لهذه القطعة بالأمتار المربعة .

(الجواب: ٥٣٦٥٧٫٤٩م٢)

٣ — قطعة أرض مستطيلة الشكل مرسومة على خريطة ١ : ٢٥٠٠ وكان طول ضلعيها ٨٠ سم، ٦٤سم — وكان الحد الأكبر يميل في الطبيعة بمقدار ١٢" والحد الأصغر الفرق بين طرفيه ٣٤ متراً — فما هي الأطوال الحقيقية المائلة في الطبيعة مستعملا الطريقة التقريبية ؟

(الجواب :٢٠٤٤١٥، ٢٠٠٠٫٥٠، ١١٥٠ متراً)

٤ — عند قياس طول خط كان القياس على أرض منتظمة الإنحدار فكان الطول المائل هو ٨٦٫٤٠ متراً وكانت زاوية إنحدار الأرض ٢٨´ ٣° . ماهو الطول الأفقي للخط علماً بأن القياس كان بجنزير ينقص عقلة عن الطول الحقيقي ؟

(الجواب : ٨٥٫٣٨ متر)

٥ — خريطة قيس منها ضلع قطعة مربعة على الخريطة ومعلوم أن مساحتها ٤١٫٥٠ هكتار طول الضلع ٢٥٫٩٠ سنتيمتر ثم قيس الضلع المجاور له فكان

٢٦ر٤ سم — وكان مقياس الرسم ١ : ٢٠٠٠ وإذا علم أن المهندس عند توقيع أضلاع المربع وقع الأطوال على المائل — ماهى زاوية ميل الضلع الأول والفرق بين منسوبى طرفى الضلع الثانى مستعملا القوانين التقريبية ؟

(الجواب : ٤٤" ٤٩' ٥° ، ٢٠ر٨٦ متر)

٦ — قطعة أرض مثلثية الشكل — قيست قاعدتها بجنزير به عقلتين زيادة فكانت ٦٢٤ مترا — وقيس الارتفاع على المائل بجنزير ينقص ثلاث عقل فكان ٤٢٨ مترا — فإذا كان ميل الأرض الطبيعية فى إتجاه إرتفاع المثلث ٧ ٪ وأن الجنزير الإسمى فى الحالتين هو ٢٠ مترا — أوجد المساحة الحقيقية للأرض بالهكتار .

(الجواب : القاعدة ٦٢٦ر٤٨م و الارتفاع ٤١٦ر١٤م المساحة الحقيقية ٢٦ر٣٦ هكتار) .

٧ — استعمل جنزير فى قياس الخط اب فكان طوله ٢٢ طرحة و ٤٥ عقلة ثم إتضح أن الجنزير المستعمل تنقصه عقلتان . كما أنه عند توجيه الخط اب إتضح أن هناك خطأ فى التوجيه قيس عند نهاية الخط فكانت الزحزحة ٦٢ سم — ماهو الخطأ فى التوجيه ؟

(الجواب : ٥٢" ٤')

٨ — عند قياس طول خط على أرض غير أفقية كان القياس على ثلاث مراحل فى المرحلة الأولى كانت الأرض تنحدر بإنتظام بميل ٣٠' ٦° وكان الطول على المائل ١٤٤ر٨٠ م . وفى المرحلة الثانيـــة كان الفرق بين منسوبى بداية ونهاية المرحلة ٦ر٣٠ م وكان الطول المقاس على المائل ٨٨ر٦٠ م . وفى المرحلة الأخيرة

كان القياس بتعليق الجنزير أفقيا فكانت المسافة المقاسة ١٦٠٫٤ م وكان هناك ترخيم فى المنتصف قدره ٣٠ سم . ما هى المسافة الأفقية الكلية إذا كان الجنزير المستخدم طوله الحقيقى ١٩٫٧٥ مترا

(الجواب : ٢١٦٫١٠ مترا)

٩ — قطعة أرض مربعة الشكل حسبت مساحتها بقياس أبعادها بجنزير يزيد عن الطول الاسمى بمقدار عقله ثم حسبت مساحتها مرة أخرى بقياس أبعادها بجنزير يقل طوله عن الطول الاسمى بمقدار عقلة فكان الفرق بين المساحتين ١٠٠ مترا مربعا . ماهى المساحة الحقيقى للأرض

(الجواب : ٤٩٥٠ م^{٢})

١٠ — قيس خط على المائل فكان طوله ٤٦٠ مترا ، ما هو أقصى فرق بين منسوبى طرفيه حتى يمكن إعتبار أن المسافة المائلة تساوى الأفقية بخطأ لا يتجاوز ١ : ٤٠٠

(الجواب : ٣٢٫٥٢ مترا)

١١ — ما هى أقصى زاوية إنحدار لسطح الأرض يمكن معه إهماله وإعتبار أن سطح الأرض أفقى بحيث لا يزيد الخطأ الناتج عن ذلك عن ١ : ٥٠٠

(الجواب : ٣° ٣٩′ ٠٥″)

الباب الثانى

المساحة بالبوصلة والمضلعات

سبق أن بينا أنه لرفع أى منطقة يجب عمل هيكل لها (مضلع) ، ففى حالة المساحة بالجنزير كان الهيكل عبارة عن مجموعة من المثلثات المتجاورة ، إلا إنه عادة يكون من الصعب إختيار مثل هذه الهياكل ويستخدم بدلا منها مضلع مكون من عدة خطوط مستقيمة تحصر بينها عدة زوايا . وعادة تختار هذه الأضلاع بحيث تمر بحدود قطعة الأرض المطلوب عمل خريطة لها

ولرسم مثل هذه المضلعات على الخريطة يجب معرفة زواياها بالإضافة إلى معرفة أطوال أضلاعها

وتستخدم طرق وأجهزة عديدة لتعيين الزوايا الداخلية لأى مضلع . وغالبا ما يسمى المضلع مقرونا بأسم الجهاز المساحى الذى إستخدم فى رفعه وتحديد زواياه ، فيطلق عليه مضلع البوصله إذا ما إستخدمت البوصله المنشورية فى ذلك ، أو مضلع التيودوليت إذا ما إستخدم جهاز التيودوليت

ويسمى المضلع عادة فى الأعمال المساحيه **بالترافرس** . والمضلعات أو الترافرسات تقسم أيضا حسب الشكل المأخوذ لها عند العمل المساحى فهى إما أن تكون مضلعات مقفله أو موصله أو مفتوحه

انواع المضلعات :

١ — **المضلع المقفل** : وهو الذى يبدأ بنقطه معينه وينتهى إلى نفس نقطه إبتدائه ، ويستعمل فى رفع المستنقعات والمبانى والقرى

٢ — **الضلع الموصل** : وهو يبدأ من نقطة محددة وينتهى إلى نقطة محددة أخرى ، ويستخدم فى ربط وتقسيم المضلعات المقفلة لتسهيل عمليات الرفع

٣ — **المضلع المفتوح** : وهو الذى لا ينتهى إلى النقطة التى إبتـــدأ منها ولا يربط على نقطة ثابتة ويستعمل فى رفع المناطق الطويلة الممتدة مثل الشواطىء والطرق .

وسنقتصر فى هذا الباب على شرح المضلع المقفل

ولإنشاء المضلعات يجب إجراء الآتى :

١ — قياس أطوال الخطوط لهذا المضلع

٢ — قياس إنحرافات هذه الخطوط لحساب الزوايا الداخلية بينها

٣ — أو قياس الزوايا المحصورة بين خطوط المضلع مباشرة

أما بالنسبة لقياس الأطوال فتقـاس إما بالجنزير أو الشريط الصلب حسب أهمية العمل ، أما إنحرافات الخطوط عن إتجاه معين وهو إتجاه الشمال المغناطيسى فتقاس بواسطة البوصلة المنشورية ، وعند القيام بالأعمال الدقيقة يجب قيـــاس الزوايا بواسطة التيودوليت

وقبل التعرض لكيفية قياس الانحـــرافات للخطوط بالبوصلة المنشورية نذكر فيما يلى بعض التعاريف العامة التى تتعلق بدراسة البوصلة وكيفية عملهـــا والعمل بها

زاوية ميل الابرة المغناطيسية (Dip Angle)

عندما تكون أى إبرة مغناطيسية حرة الحركة وهى مرتكزة عند منتصفها فأنها تميـل عن الأفق بزاوية ما تختلف قيمتها من صفر عند خـط الاستواء إلى

٩٠° تقريبا عند القطبين ويطلق على هذه الزاوية زاوية ميل الأبرة . وفى نصف الكرة الشمالى تميل الأبرة المغناطيسية إلى أسفل وفى القطب الجنوبى إلى أعلى . وعلى هذا يركب ثقل عند أحد ذراعى الأبرة ليحفظ إتزانها لتكون دائما فى وضع أفقى :

الشمال المغناطيسى : (Magnetic Meridian)

هو عبارة عن الاتجـــاه الذى تعينه أبرة مغناطيسية حرة غير متأثرة بأى عوامل خارجية قريبة (مثل وجود معادن أو مرور تيار كهربى فى سلك قريب أو وجود مغناطيسى صناعى)

الشمال الجغرافى : (Ceographical Meridian)

هو عبارة عن الاتجاه الذى يعينه الخط الواصل بين نقطة محددة وبين القطبين الجغرافيين للأرض ويحدد بالأرصاد الفلكية

زاوية الاختلاف : (Angle of declination)

هى الزاوية (ت) التى ينحرف بها الشمال المغناطيسى عن الشمال الجغرافى عند نقطة محددة فى تاريخ معين . وتكون هذه الزواية شرقا إذا كان الشمال المغناطيسى شرق الجغرافى ، وغربا إذا كان المغناطيسى غرب الجغرافى ، وإشارة (ت) تكون موجبة إذا كان الإختلاف شرقا وسالبة إذا كان غربا

وقيمة (ت) تتغير تباعا فى النقطة الواحدة على مدار اليوم الواحد (ويطلق على هذا التغيير ـــ التغيير اليومى لزاوية الإختلاف) كما أن قيمتها تتغير على المدى الطويل (التغير القرنى) . كما أن هناك تغـــيرات تحدث نتيجة للزوابع

المغناطيسية والزلازل والبراكين ، إلا أن هذه التغييرات تكون غير منتظمة الحدوث وتكون عارضة لا تخضع لأى قوانين معينه .

انحرافات الخطوط :

تعرف إنحرافات الخطوط بطريقتين :

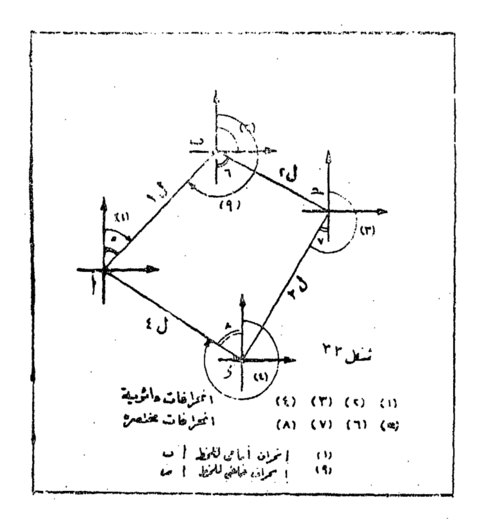
١ – الانحراف الدائرى :

ويعرف بأنه الزاوية المحصورة بين الشمال المغناطيسى وبين الخط مأخوذة فى فى إتجاه حركة عقرب الساعة . ويمكن قياس الإنحراف الدائرى لخط من كلتا نهايتيه ويكون الفرق بين الإنحرافين هو ± ١٨٠° ويطلق على أحد هذه الانحرافات الأمامى وعلى الآخر الانحراف الخلفى ففى شكل (٣٣) يرمز للانحراف المقاس من نقطه ا للخط ا ب بالانحراف الأمامى الخط (ا ب) — ويرمز للانحراف المقاس من ب لنفس الخط إلى نقطة ا الانحراف الخلفى للخط (ا ب) أو الأمامى (ب ا) والعلاقه بين الانحرافين الأمامى والخلفى يجب أن تكون :

الانحراف الخلفى للخط ا ب = الانحراف الأمامى للخط ± ١٨٠°

(٩) ...

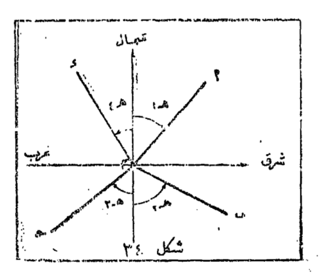
مالم يؤثر على القياس أى مؤثرات خارجيه وهو ما يعرف بالجاذبيه المحليه فى حالة قياس هذه الانحراف بالبوصله المنشورية مثلا



٢ — الانحراف المختصر : وهو الزاوية المحصورة قيمتها بين صفر ، ٩٠ التى ينحرفها الخـــط عن الشمال أو الجنوب ويذكر الربع الذى يقع فيه الخـط ليتحدد مكان واتجاه الخط تماما كما هو مبين فى شكل (٣٣)

وإذا كان الانحراف الدائرى بين صفر ، ٩٠° فيكون هو نفسه المختصر وإذا كان أكبر من ٩٠° وأقل من ١٨٠° يعين الانحراف المختصر بطرح الدائرى من ١٨٠°

وإذا كان الانحراف الدائرى أكبر من ١٨٠° وأقل من ٢٧٠° يطرح منه ١٨٠° للحصول على الانحراف المختصر للخط . أما إذا كان الانحراف الدائرى أكبر من ٢٧٠° فيطرح الدائرى من ٣٦٠° كما فى شكل (٣٣)



ويذكر اسم الربع الذى يقع فيه الضلع فإذا فرض أن خط انحرافه الدائرى هو ١١٠° فنقول أن إنحرافه المختصر هو ح ٧٠° ق . وشكل (٣٤) يبين الأنحرافات المختصره لخطوط إنحرافاتها تقع فى الأرباع المختلفة

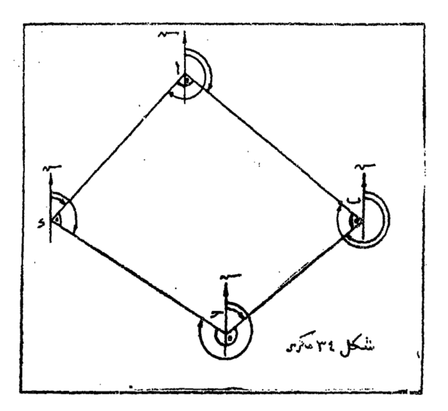
الانحراف الافتراضى

فى بعض الأيام يلزم الأمر إلى أستخدام إتجـــاه ثابت أفتراضى تقرن اليه انحرافات بعض الخطوط ويطلق عليه الشمال الأفـتراضى . وتـكون الأنحرافات لخطوط أى مضلع المنسوبة لهذا الشمال هى أنحرافات إفتراضية . وبعد إتمام العمل المساحى توجد العلاقة بين إتجاه الشمال المغناطيسى الحقيقى (أو الجغرافى) من ناحيـة وبين الشمال الأفـــتراضى ومن ثم تحسب الانحرافات الحقيقية لخطوط المضلع .

حساب الزوايا الداخلية لمضلع من الانحرافات

لحساب الزواية الداخلية عند أى نقطة من نقط مضلع ما يـــلزم معرفة الانحرافين للخطين الخارجين من هذه النقطة . ففى (شكل ٣٤ مكرر) لحساب الزاوية الداخلية عند نقطة (ا) يلزم معرفة الانحراف الامامى للخط ا ب والخلفى

للخط ء ا . وعليه تكون الزاوية الداخلية عند (ا) مساوية الانحراف الخلفي للخط (ء ا) مطروحا منه قيمة الانحراف الأمامى للخط (ا ب) . ومن شكل (٣٤ — مكرر) نلاحظ أن نفس الشيء يتكرر عند حساب الزاوية الداخلية عند النقط (ب) ، (ء) أى عندما كانت الانحرافات الخلفية للخطوط التى تسبق هذه النقط أكبر من الانحرافات الأمامية للخطوط التى تلى هذه النقط . وعند



شكل ٣٤ مكرر

نقطة (ح) نلاحظ أن الانحراف الخلفى للضلع ب حـ (السابق) أقل من الانحراف الأمامى للضلع اللاحق حـ ء فإذا طرحنا الانحراف الأمامى للضلع حـ ء من الانحراف الخلفى للضلع ب حـ سوف نحصل على الزاوية الخارجية عند (ح) وبإشارة سالبه . وعليه يجب اضافة ٣٦٠° للمقدار الناتج فى هذه الحالة

للحصول على الزاوية الداخلية عند هذه النقطة ، والقاعدة عامة

الزاوية الداخلية عند نقطة ما فى مضلع = الإنحراف الخلفى للضلع السابق — الإنحراف الأمامى للضلع اللاحق

... (١٠)

أما إذا كان الإنحراف الخلفى للضلع السابق للنقطة أقل من الأمامى للضلع اللاحق لهذه النقطة فيضاف ٣٦٠° إلى المقدار المحسوب من المعادلة (١٠) .

أمثلة محلوله

مثال ١ :

إحسب الإنحراف الجغرافى لخط ما إذا كان الانحراف المغناطيسى لهـــذا الخـط ٣٤´ ٥٨° وكانت زاوية الاختلاف عند النقطة المقـــاس عندها الانحراف هى ٥٨´ غربا . بين الاختـــلاف بين النتائج عندما تكون (ت) شرقا .

الحـل

حيث أن زاوية الاختـلاف ٥٨´ غربا فإن الشمال المغناطيسى ينحرف عن الشمال الجغرافى بمقدار ٥٨´ وإلى الغرب منه وبذا يكون :

الانحراف الجغرافى للخط = ٣٤´ ٥٨° — ٥٨´ = ٣٦´ ٥٧

أما إذا كانت (ت) شرقا فإن الشمال المغناطيسي يكون منحرفا إلى جهة الشرق عن الشمال الجغرافى وبذا فإن قيمة الانحراف الجغرافى فى هذه الحالة تصبح :

الانحراف الجغرافى للخط = ٣٤َ ٥٨° + ٥٨َ = ٣٢َ ٥٩°

مثال (٢).

إذا كان الانحراف المختصر لخط ا ب فى يناير ١٩٥٠ هو س ١٨َ ٧٤° غ وكانت زاوية الإختلاف ١٥َ ٦° غربا فأحسب الانحراف المغناطيسى والجغرافى لنفس الخط فى يناير ١٩٧٨ إذا كان معدل التغير السنوى فى زاوية الإختلاف ٣٥ شرقا .

الحل

من الانحراف المختصر للخط ا ب واضح أنه يقع فى الربع الرابع وبذا فان:

الانحراف الدائرى = ٠٠َ ٣٦٠° — ١٨َ ٧٤° = ٤٢َ ٢٨٥°

زاوية الاختلاف غربا أى أن الشمال المغناطيسى ينحرف جهة الغرب عن الشمال الجغرافى وعليه فإن :

الانحراف الجغرافى للخط = ٤٢َ ٢٨٥° — ١٥َ ٦° = ٢٧َ ٢٧٩°

وكما سبق أن بينا فأن قيمة هذا الانحراف ثابتة فى أى وقت ولاتتغير بمرور الزمن ، والمتغير هو الانحراف المغناطيسى .

مقدار التغيير فى زاوية الاختلاف من يناير ١٩٥٠ إلى يناير ١٩٧٨

= (١٩٧٨ — ١٩٥٠) × ٣٥َ = ٩٨٠َ = ٢٠َ ١٦° شرقا

.·. زاوية الاختلاف فى يناير ١٩٧٨ = ١٥َ ٦° غربا — ٢٠َ ١٦° شرقا

= ٠٥َ ١٠° شرقا

ويكون الانحراف المغناطيسى فى يناير = الانحراف الجغرافى

— زاوية الاختلاف الجديدة

= ٢٧َ ٢٧٩° — ٠٥َ ١٠° = ٢٢َ ٢٦٩°

ويمكن حساب الانحراف المغناطيسى الجديد بالطريقة التالية .

الانحراف المغناطيسى الجديد = الانحراف المغناطيسى فى ١٩٥٠ - مقدار التغير

= ٤٢َ ٢٨٥° + ٢٠َ ١٦° = ٢٢َ ٢٦°

مثال (٣)

فرض إتجاه شمال منحرفا عن الشمال الجغرافى بمقدار ٣٥َ غـــربا وكانت زاوية الاختلاف للمكان فى يونيو ١٩٥٥ هى ٣٦َ ٩° غربا وكان معدل التغيير السنوى فى زاوية الاختلاف ١٠َ غربا ، فعين الانحراف المغناطيسى لخط ا ب فى يناير ١٩٧٦ إذا كان الانحراف الافتراضى للخط فى يونيو ١٩٥٥ هو ٢٢َ ٥٢°

الحـــل

الانحراف الجغرافى للخط = ٢٢َ ٥٢° — ٣٥َ = ٥٧َ ٥١°

الانحراف المغناطيسى للخط فى يونيو ١٩٥٥ = ٥٧َ ٥١° + ٣٦° ٩°

= ٣٣َ ٦١°

مقدار التغير فى زاوية الاختلاف = ٥ر٢٠ سنة × ١٠َ = ٢٠٥َ = ٢٥َ ٣° غربا

.·. الانحراف المغناطيسى للخط فى يناير ١٩٧٦ = ٣٣َ ٦١° + ٢٥َ ٣°

= ٥٨َ ٦٤°

مثال (٤) :

قيست الانحرافات الامامية والخلفية لأضلاع ترافرس على شكل مثلث ا ب حـ فكانت :

الخط	إنحراف أمامى	إنحراف خلفى
ا ب	٢٤َ ٨٠°	٢٤َ ٢٦٠°
ب حـ	٢١٤ ٥٨	٣٤ ٠٨
حـ ا	٣٠٥ ٢٢	١٢٥ ٢٢

أحسب الزوايا الداخلية عند كل من ا ، ب ، حـ .

الحل

الزاوية عند (ا) = الانحراف الخلفى للضلع حـ ا — الانحراف الامامى للضلع ا ب

= ٢٢َ ١٢٥° — ٤٣َ ٨٠° = ٤٨َ ٤٤°

الزاوية الداخلية عند (ب) = الانحراف الخلفى للضلع أ ب — الأمامى للضلع ب ح

= ٣٤َ ٢٦٠° — ٥٨َ ٢١٤° = ٣٦َ ٤٥°

الزاوية الداخلية عند (ح) = الانحراف الخلفى الضلع ب ح

— الأمامى للضلع ح ا + ٣٦٠°

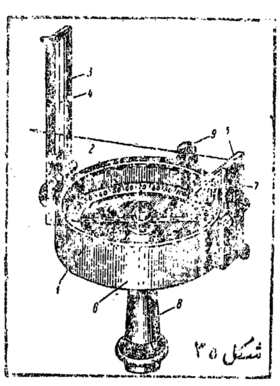
= ٥٨َ ٣٣° — ٢٢َ ٢٠٥° + ٠٠َ ٣٦٠°

= ٣٦ ٨٩°

البوصلة المنشورية

لقياس الانحرافات الدائرية للخطوط تستخدم البوصلة المنشورية التى بنيت فكرتها على أساس أنه إذا حمل ساق رفيع من الصلب ومغنط من مركز ثقله على حامل رأسى حر الحركة فإن هذا الساق يتذبذب بانتظام حتى يسكن ويثبت فى وضع يكون فيه أحد طرفيه متجه دائما إلى اتجاه معين هو اتجاه الشمال المغناطيسى . وشكل (٣٥) يبين رسم توضيحى لبوصلة منشورية حيث تستخدم فيها أبرة مغناطيسية (١) ترتكز من مركز ثقلها على سن رأسى من المعدن ونقطة الارتكاز هى عبارة عن مركز قرص دائرى مصنوع من معدن الألمونيوم (٢) ومقسم من صفر إلى ٣٦٠° وبحيث يكون صفر التدريج أمام العلامة الدالة على الجنوب ، ١٨٠° أمام العلامة الدالة على الشمال المغناطيسى والقرص والأبرة موضوعان داخل صندوق من النحاس(٦) مغطى بقرص من الزجاج لمنع تسرب الأتربة إلى داخله ومتصل بالصندوق إطار على هيئة شباك (٣) فى وسطه شعره

(٤) توجه على نهاية الخط المراد تعيين إنحرافه المغناطيسي وهذا الأطـــار متصل بالصندوق إتصالا مفصليا بحيث يمكن جعله عموديا على مستوى وجه الصندوق عند الاستعمال ويوجد مسمار على السطح الخارجي للصندوق (٩) يستعمل لإيقاف الإبرة عن الذبذبة أثناء العمل ، وأحيانا يتصل بالإطار مرآة تزلق على طوله الغرض منها رصد المرتفعـــاعات أو المنخفضات،وليسهل رؤية الأشياء التي فوق أوتحت مستوى النظر ، ويقابل الأطـــار قائمة من النحاس (٥) به شرخ رأسي ضيق تجاه فتحة مستديرة (٧) تطل على منشور ثلاثي من الزجاج موضوع في غلاف من المعدن وله ثلاثة أوجه وفائدته عكس القراءات وإظهارها للعين وصندوق البوصلة مثبت في حامل (٨) ليثبيتها على النقط المراد قياس إنحراف خط منها .



شكل ٣٥

وطريقة قياس انحراف أى خط وليكن ا ب هى أن تثبت البوصلة فوق إحدى نهايتى هذا الاتجاه ا ثم يوجه خط نظر البوصلة إلى النهاية الأخرى فتتخذ الإبرة إتجاه الشمال المغناطيسى وتقرأ الدائرة الأفقية بواسطة المنشور الذى يمكن رفعه أو خفضه حتى نرى التدريج أوضح ما يمكن،الانحراف المقاس بهذه الطريقة فى اتجاه عقرب الساعة يسمى بالانحراف الدائرى - وكما ذكرنا فإنه يمكن قياس الانحراف من كلتا نهايتى الخط والفرق بين الانحرافين يجب أن يكون ١٨٠° وتصحح فى المعتاد هذه الانحرافات إذا لم يكن هذا الفرق مساويا ١٨٠° ويرجع ذلك إلى وجود جاذبيه محلية منشؤها وجود معادن بالقرب من البوصلة وبجوار النقط ، والجاذبية المحلية تكثر فى المدن وتقل فى القرى .

مزايا البوصلة المنشورية :

من مزايا البوصلة المنشورية خفه الوزن وسهولةالحمل ورخص الثمن وسرعة العمل ، حيث يمكن الحصول على إنحراف الخط بوضع البوصلة على أى نقطة من النقطة والانحرافات التى تتعين بها مستقلة عن غيرها لذا فإن حدوث خطأ فى إنحراف خط ما لا يؤثر على مايليه من إنحرافات .

عيوب البوصلة المنشورية

من عيوب البوصلة المنشورية أنها غير عالية الدقة والانحرافات بها تقريبية لغاية ٣٠ أو ١٠ دقائق فى بعض الأنواع الدقيقة منها ، كذلك فإن البوصلة المنشورية من الآلات التى لا يمكن ضبطها ، كما أنها تتأثربالجاذبية المحليه مما يؤثر على دقة الانحرفات المقيسة بها .

المساحة بالبوصلة

يتلخص العمل بالبوصلة المنشورية فى أنه يمكن رفع أى منطقة ذات رقعة واسعة وذلك بإتباع الخطوات الآتية :

١ — اثبت عدة نقط تحيط بالمنطقة المطلوب رفعها وتكون فيما بينها مضلع مقفل مثل ا ب حـ ء مثلا كما فى شكل (٣٣) .

٢ — اضع البوصله المنشورية فوق النقطة ب مثلا وتضبط عملية التسامت بإستعمال خيط الشاغول وبجعل الآلة أفقية بالتقريب أو بإستعمال ميزان تسوية وندير الآلة ونوجهها نحو الشاخص الرأسى عند نقطة ا وذلك بتطبيق الشرخ الرأسى وشعرة الدليل على الشاخص ثم ننظر فى المنشور ونقرأ القوس المدرج عند إنطباق الشعرة على قسم التدريج ونحصل على الانحراف الدائرى الأمامى للخط ب ا أى الخلفى للخط ا ب .

ثم نوجه الآله نحو حـ ونقرأ الانحراف للخط ب حـ أى الانحراف الأمامى للخط ب حـ .

٣ — نكرر العملية فى باقى نقط الترافرس ونحصل على الإنحرافات الأمامية والخلفية لجميع الخطوط والتى يجب أن يكون الفرق بينها ١٨٠° وتدون النتائج فى جدول وهذا ما يسمى بعمل الغيط .

الجاذبية المحلية

إذا رصد الانحراف الامامى والخلفى لكل خط فى مضلع ما فيجب أن يكون الفرق بينهما ١٨٠° وغالبا ما يختلف الفرق عن ١٨٠° فيكون أحد أو

كلا دائرى الخط متأثراً بما يسمى بالجاذبية المحلية ومعنى هذا أن الأبرة المغناطيسية فى البوصلة المنشورية لم تعين إتجاه الشمال المغناطيسى الحقيقى فى هذه المنطقة نظرا لأن الأبرة تأثرت محليا لوجود بعض خامات الحديد الموجود فوق سطح الأرض أو تحتها كوجود منشآت حديدية أو أدوات معدنية أو جنازير فى منطقة العمل.

والمعروف أن المعادن بأنواعها عدا النحاس تؤثر فى الأبرة وأشدها تأثيرا الحـــديد .

ويصعب التخلص من الجاذبية المحلية خصوصا فى المدن لكثرة ما فيها من المنشآت التى يكثر فيها أستعمال الحديد .

وتكتشف الجاذبية المحلية غالبا برصد الانحرافين الأمامى والخلفى لكل ضلع من اضلاع الترافرسات (ترافرسات البوصـــلة) وبحسب الفرق بين الانحرافين فإذا لم يكن مساويا ١٨٠° تكون هذه الانحرافات متأثرة بالجاذبية المحليـــة .

تصحيح الانحرافات

تحتوى الانحرافات المرصودة بواسطة البوصلة المنشورية على أخطاء وكل انحراف مأخوذ من نقطة معينة يكون متأثرا بنفس قيمة الخطأ المتأثرة بها الخطوط الأخرى المرصودة من نفس النقطة نتيجة لوجود الجاذبية المحلية ويمكن إجراء التصحيح بأحدى الطرق الآتية :

التصحيح فى حالة وجود خط خال من الجاذبية المحلية :

لإجراء تصحيح الإنحراف نبحث عن خط خال من تأثير الجاذبية المحلية بحيث يكون الفرق بين الإنحرافين الأمامى والخلفى له ١٨٠° ــ وتصحح بعد ذلك الانحرافات التالية له والمثال الآتى يوضح خطوات هذا التصحيح .

مثال : كانت نتيجة أرصاد ترافرس مقفل كما هى مبينة بالجدول :

الخط	الطول	الانحراف الأمامى	الإنحراف الخلفى
اب	٧٠	٣٥٩° ٤٥´	١٨١° ٣٠´
ب جـ	٥٥	١٧٢ ١٥	٣٥٠ ٤٥
جـ د	٧٤	٤٨ ١٥	٢٢٨ ١٥
د هـ	٤٨	١٩٣ ٣٠	١٢ ٣٠
هـ ا	٥٨	٢٤٣ ٠٠	٦٣ ٤٥

والمطلوب تصحيح الإنحراف لهذا الترافرس .

الحل

تتبع الخطوات الآتية فى الحل :

١ - يحسب أولا الفرق بين الإنحراف الامامى والخلفى لكل خط

٢ — يبحث عن خط غير متأثر بالجاذبية المحلية أى يكون الفرق بين الإنحرافين الأمامى والخلفى ١٨٠° . وفى هذا المثال نجد أن الخط حـ ء غير متأثر بالجاذبية المحلية . ولذا نبدأ التصحيح من إحدى نهايتيه لأن الانحرافات عند حـ ، ء ستكون صحيحه وبذا فان الإنحراف الأمامى للخط ء هـ وهو ٣٠َ ١٩٣°) سيكون صحيح .

٣ — نبدأ بتصحيح الإنحراف الخلفى للخط ء هـ فيجب أن يكون ٣٠َ ١٣° حتى يكون الفرق ١٨٠° وفى الجدول ٣٠َ ١٢° فهناك خطأ مقداره ١° يجب أن يضاف إلى الآنحراف الأمامى للخط هـ ا فهو ٢٤٣° وبتصحيحه يكون ٢٤٤° ولكى يكون الفرق بين إنحرافه الامامى والخلفى ١٨٠° يجب أن يكون الإنحراف الخلفى له ٦٤° ولكنه اصلا ٤٥َ ٦٣° فهناك ١٥َ يجب أن تضاف إلى الخط ا ب فى إنحرافه الامامى ليكون ٣٦٠° ولكن إنحراف ا ب الخلفى هو٣٠َ ١٨١° ويجب أن يكون ١٨٠° والمقدار ٣٠َ ١° يجب أن يطرح من الإنحراف الخط ب حـ ليكون ٤٥َ ١٧٠° .

٤ — تحقيقا للعمل نجد أن الفرق بين إنحراف الخط الأمامى والخلفى هو ١٨٠° وبذا تكون جميع الإنحرافات مصححة . وخطوات الحل موضحة فى جدول (١):

جدول رقم (١)

الخط	الطول	الانحرافات المرصودة أمامي	الانحرافات المرصودة خلفي	الفرق	الانحرافات المصححة أمامي	الانحرافات المصححة خلفي	الفرق	ملاحظات
ا ب	٧٠	٣٥٩ ٤٥′	١٨١ ٣٠′	١٧٨ ١٥′	°٠٠ ٠٠′	°١٨٠ ٠٠′	°١٨٠	يبدأ التصحيح عند حـ ء
ب حـ	٥٥	١٧٢ ١٥	٣٥٠ ٤٥	١٧٨ ٣٠	١٧٠ ٤٥	٣٥٠ ٤٥	١٨٠	
حـ ء	٧٢	٤٨ ١٥	٢٢٨ ١٥	١٨٠ ٠٠	٤٨ ١٥	٢٢٨ ١٥	١٨٠	
ء هـ	٤٨	١٩٣ ٣٠	١٢ ٣٠	١٨١ ٠٠	١٩٣ ٣٠	١٣ ٣٠	١٨٠	
هـ ا	٥٨	٢٤٣ ٠٠	٦٣ ٤٥	١٧٩ ١٥	٢٤٤ ٠٠	٦٤ ٠٠	١٨٠	

التصحيح في حالة عدم وجود خط خال من جاذبية المحلية :

في بعض الاحيان نجد أن كل الخطوات متأثرة بالجاذبية المحلية أي جميع الفروق لاتساوي ١٨٠° وفي هذه الحالة نأخذ الانحراف المتوسط للخط الذي يكون الفرق بين انحرافه الأمامي والخلفي أصغر ما يمكن ويعتبر أساسا للتصحيح وذلك بتصحيحه أولا بأخذ متوسط كل ما الانحرافين وبذا يصبح الفرق بين الأنحراف الأمامي والخلفي له ١٨٠° ثم تصحح باقي الخطوط كما سبق

مثال: صحح انحرافات المضلع ا ب حـ ء هـ إذا كانت الانحرافات المقيسة لخطوطه هي :

	انحراف أمامي	انحراف خلفي
اب	١١ً ٤٢°	١٦ً ٢٢٥°
بحـ	٣٠ ١٠٥	٤٦ ٢٨٤
حـء	٠٤ ٢٠٩	٤٨ ٢٨
ءهـ	٠٠ ٢٦٨	١٥ ٨٦
هـا	١٢ ٣١٦	٥٢ ١٣٥

الحل خطوات التصحيح موضحة بالجدول (٢)

التصحيح بطريقه المتوسطات .

أحيانا ما يكون الخطأ في الفرق بين الإنحرافات الأمامية و الخلفية يختلف عن ١٨٠° بمقدار لايتعدى ١ درجة ستينية – وهذا الخطأ ليس ناشئا

جدول رقم (٢)

الخط	الانحرافات المرصودة أمامى	الانحرافات المرصودة خلفى	الفرق	الانحرافات المصححة أمامى	الانحرافات المصححة خلفى	الفرق	ملاحظات
أ ب	٤٣° ١١َ	٢٢٥ ١٦َ	١٨٣° ٠٥َ	٤٤ ٣٤َ	٢٢٤° ٢٤َ	١٨٠°	يبدأ التصحيح من ح ء
ب ح	١٠٥ ٣٠	٢٧٤ ٤٦	١٧٩ ١٦	١٠٤ ٣٨	٢٨٤ ٣٨	١٨٠	
ح ء	٢٠٩ ٠٤	٢٨ ٤٨	١٨٠ ١٦	٢٠٨ ٥٦	٢٨ ٥٦	١٨٠	
ء هـ	٢٦٨ ٠٠	٨٦ ١٠	١٨١ ٤٥	٢٦٨ ٠٨	٨٨ ٠٨	١٨٠	
هـ أ	٣١٦ ١٢	١٣٥ ٥٢	١٨٠ ٢٠	٣١٨ ٠٥	١٢٨ ٠٥	١٨٠	

عن تأثير الجاذبية المحلية وغالبا ما يكون ناتجا من أخطـــاء الرصد - وتصحح الانحرافات بأخذ متوسط الانحرافين الخاصين بكل خط كل على حده كما في المثال التالى .

مثال :

صحح الانحرفات للضلع المقفل ا ب حـ ء هـ ا إذا كانت الانحرافات المرصودة هي:

الخط	الانحراف الأمامى		الانحراف الخلفى	
ا ب	١٥َ	٢٤٣	٤٥َ	٦٣ْ
ب حـ	٥٥	١٦٦	٣٥	٣٤٦
حـ ء	٣٠	١١١	٣٠	٢٩٠
ء هـ	٤٥	٦٦	٥٥	٢٤٦
هـ ا	١٥	٣٤٣	٢٥	١٦٢

الحل : خطوات التصحيح موضحه بجدول (٣)

طرق رسم المضلعات على الخريطة

بمعلومية الأطوال المقيسة لأضلاع الترافرس وبمعلومية الإنحرافات المصححة لهذه الأضلاع يمكن رسم المضلع بعدة طرق نوردها فيما يلى :

أولا — رسم المضلع بمعلومية الانحرافات :

جدول رقم (٣)

الخط	الأنحرافات المرصودة		الفرق	الانحرافات المخصصة		الفرق	ملاحظات
	أمامي	خلفي		أمامي	خلفي		
ا ب	٢٤٣° ١٠'	٦٣° ٤٥'	١٧٩° ٣٠'	٢٤٣° ٣٠'	٦٣° ٣٠'	١٨٠° ٠٠'	
ب ح	١٦٦ ٥٥	٣٤٦ ٣٥	١٧٩ ٤٠	١٦٦ ٤٥	٣٤٦ ٤٥	١٨٠ ٠٠	
ح ء	١١١ ٣٠	٢٩٠ ٣٠	١٧٩ ٠٠	١١١ ٠٠	٢٩١ ٠٠	١٨٠ ٠٠	
ء ه	٦٦ ٤٥	٢٤٦ ٥٥	١٨٠ ١٠	٦٦ ٥٠	٢٤٦ ٥٠	١٨٠ ٠٠	
ه ا	٣٤٣ ٠٥	١٦٢ ٢٥	١٨٠ ٤٥	٣٤٢ ٤٥	١٦٢ ٤٥	١٨٠ ٠	

من الكروكى المرسوم فى دفتر الغيط للمضلع نختار نقطة مثل ا مناسبة على الخريطة للدلالة على إبتداء المضلع ، ويرسم عندها خط رأسى للدلالة على خط الشمال المغناطيسى ومنها ترسم مستقيما مثل ا ب يصنع مع الشمال الإنحراف الدائرى المصحح للخط بواسطة المنقلة ثم نأخذ على هذا الخط مسافة ا ب بنسبة مقياس الرسم المستعملة فنحصل على نقطة (ب) ، وبعد ذلك نرسم عند ب مستقيما موازٍ لخط الشمالى ونعين إتجاه الخط ب حـ ثم نأخذ عليه طوله وتكرر العملية حتى ننتهى من رسم المضلع كله وحتى نصل إلى نقطة البداية ا .

وفى المعتاد لا نصل اليها بالضبط بل نصل إلى نقطة أخرى مثل اَ مجاورة لها وذلك نتيجة الخطأ فى قياس الأطوال والانحرافات وكذلك الخطأ الناشىء عند الرسم فى المكتب ويكون هذا الخطـأ سببا فى عدم قفل المضلع ويطلق عليه (خطأ القفل) وفى هذه الحالة يجب تصحيح هذا الخطأ .

ثانيا — رسم المضلع بمعلومية الزوايا الداخلية له :

تحسب الزوايا الداخلية للمضلع من الانحرافات المصححة ثم توقع خط بعد آخر بالمنقلة بمعلومية الزوايا المحصورة بين الخطوط وأطوال هذه الخطوط ولحساب الزوايا الداخلية تستعمل المعادلة (١٠) .

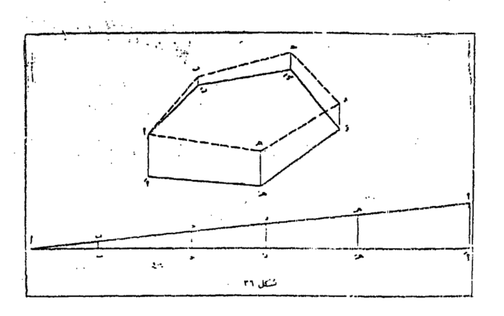
تصحيح خطأ القفل تخطيطيا :

حيث أن المضلع مقفل فى الطبيعة فيجب أن يكون مقفلا عند رسمه وإذا لم يقفل يجب اجراء تصحيح لهذا الخطأ فتعين الخطوات الآتية

١ — نرسم الخط المستقيم ا َب َح َى َه َا َ بحيث تكون أجزائه مساوية لأطوال المضلع بنسبة مقياس الرسم المستعمل .

٢ — نرسم من ا َ العمود ا ا َ يساوى خطأ القفل ثم نصل ا ا َ ومن النقط ب َح َه َ، نرسم أعمدة لتقابل الخط ا ا َ فى، ح، ى، ه شكل (٣٦)

٣ — نرسم من رؤوس المضلع ب َ، ح َ، ى َ، ه َ مستقيمات متوازية وموازية لمسافة خطأ القفل ا ا َ وفى نفس الجهة ونبين عليها الأبعاد ب ب َ، ح ح َ، ى ى َ، ه ه َ فتتعين مواقع النقط ب، ح، ى، ه التى هى رؤوس المضلع الحقيقية .



شكل ٣٦

ويجب ألا تزيد نسبة خطأ القفل إلى طول محيط الترافرس عن ١/٥٠٠ فى الأراضى الوعرة ذات الطبوغرافية الشديدة ، وعن ١/١٠٠٠ فى المدن

ثالثا : رسم المضلع بمعلومية مركبات أضلاعه .

المركبة الأفقية للخط تساوى طول الخط مضروبا فى جيب زاوية الانحراف

المختصر ، والمركبة الرأسية تساوى طول الخط مضروبا فى جيب تمام زاوية الانحراف المختصر . وتكون المركبة إشارة موجبة أو سالبة حسب الانحراف الدائرى للخط .

والمضلع المقفل يكون المجموع الجبرى للمركبات الأفقية مساويا الصفر والمجموع الجبرى المركبات الرأسية مساويا أيضا الصفر .

أما إذا لم يكن المجموع الجبرى للمركبات سواء الأفقية أو الرأسية لايساوى الصفر فهذا دليل على وجود خطأ قفل تكون مركبته الرأسية هى المجموع الجبرى المركبات الأفقية للمضلع ومركبته الرأسية هى المجموع الجبرى للمركبات الرأسية المضلع ، وعلى هذا فإن خطأ مقفل يكون مساويا .

$$\text{خطأ القفل} = \sqrt{(\text{المركبة الأفقية للخطأ})^2 + (\text{المركبة الرأسية للخطأ})^2} \quad \ldots (11)$$

وهذا الخطأ يوزع إذا كانت نسبته إلى مجموع أطوال الأضلاع (التراڤرس الموصلة (لا تزيد عن $\frac{1}{500}$ فى الأراضى الوعرة عن $\frac{1}{100}$ فى المدن ، بحيث

ينصب أغلبيته على طول المضلع ولايصيب الزوايا إلا أقل قدر ممكن من التغيير .

ويمكن تصحيح المركبات كالآتى

$$\text{المركبة الرأسية المصححة} = \text{المركبة الرأسية للخط} - \frac{\text{الخطأ فى المركبات الرأسية} \times \text{المركبة الرأسية للخط}}{\text{المجموع العددى للمركبات الرأسية}} \quad \cdots (12)$$

$$\text{المركبة الأفقية المصححة} = \text{المركبة الأفقية للخط} - \frac{\text{الخطأ فى المركبات الافقية} \times \text{المركبة الأفقية للخط}}{\text{المجموع العددى للمركبات الافقية}} \quad \cdots (13)$$

ويمكن إجراء التصحيح بطريقة بودتش (Bowditch) فتكون

$$\text{المركبة الأفقية المصححة للخط} = \text{المركبة الأفقية للخط} - \frac{\text{الخطأ فى المركبات الأفقية} \times \text{طول الخط}}{\text{مجموع اطوال الخطوط}} \quad \cdots (14)$$

$$\text{المركبة الرأسية المصححة لخط} = \text{المركبة الرأسية للخط} - \frac{\text{الخطأ فى المركبات الرأسية} \times \text{طول الخط}}{\text{مجموع اطوال الخطوط}} \quad \cdots (15)$$

ثم يرسم المضلع نقطة بنقطة باستعمال المركبات المصححة — ويلاحظ أنه للتحديد إحدى نقط المضلع ترسم المركبة الأفقية موازية للمحور السينى وبمسافة تساوى مقدارها ومن نهايتها ترسم المركبة الرأسية المصححةللخط موازية للمحور فنصل إلى النقطة التالية من نقط المضلع وهكذا

وبذا يتلاشى خطأ قفل المضلع إذ أننا صححناه سلفا .

أمثلة محلوله

مثال ١ :

أخذت الانحرافات التـــاليه بالبوصلة المنشوريه فى ترافرس مقفل ا ب حـ ء ا والمطلوب تصحيحها ثم إستنتاج الانحرافات المختصرة لأضلاع الترافرس :

الضلع	إنحراف أمامى		إنحراف خلفى	
ا ب	٣٥َ	٢٢٥°	١٥َ	٤٥°
ب حـ	٠٠	٢٩٩	٠٠	١٢٠
حـ ء	—	٣١	١٥	٢١٠
ء ا	٠٠	١٣٥	٠٠	٣١٥

مثال ٢ :

صحح بطريقة الجاذبيه المحلية الانحرافات للمضلع ا ب حـ ء ا — إذا كانت الانحرافات المرصودة للخطوط على التوالى هى :

ا ب	١٤٤°	،	ب ا	٣٢٢°
ب حـ	٦٨°	،	حـ ب	٢٤٧ر٥°
حـ ء	٢٧٨ر٥°	،	ء حـ	٩٩ر٧٥°
ء ا	٢٣٦°	،	ا ء	٦٧ر٢٥°

حل مثال (١)

الخط	الانحرافات المرصودة: أمامى	الانحرافات المرصودة: خلفى	الفرق	الانحرافات المصححة: أمامى	الانحرافات المصححة: خلفى	الفرق	الانحراف الأمامى المختصر
ا ب	٢٢٥° ٣٥´	٤٥° ١٥´	١٨٠° ٢٠´	٢٢٥° ٢٥´	٤٥° ٢٥´	١٨٠	ح ٢٥´ ٤٥° غ
ب ح	٢٩٩ ٠٠	١٢٠ ٠٠	١٧٩ ٠٠	٢٩٩ ٣٠	١١٩ ٣٠	١٨٠	ش ٣٠ ٦٠ غ
ح ء	٣١ ٠٠	٢١٠ ١٥	١٧٩ ١٥	٣٠ ٣٧٫٥	٢١٠ ٣٧٫٥	١٨٠	ش ٣٧٫٥ ٣٠ ق
ء ا	١٣٥ ٠٠	٣١٥ ٠٠	١٨٠ ٠٠	١٣٥ ٠٠	٣١٥ ٠٠	١٨٠	ح ٠٠ ٤٥ ق

ويلاحظ أن التصحيح للانحرافات كان بطريقة المتوسطات حيث أن الأخطاء بسيطة ولا تتعدى ١°

وتم التصحيح بإضافة نصف الفرق عن ١٨٠° إلى الإنحراف الأكبر وطرح النصف الباقى من الإنحراف الأقل وذلك إذا كان الفرق أقل من ١٨٠° وأتبع العكس عندما كان أكبر من ١٨٠°

حل مثال (٢)

الخط	الانحراف المرصود أمامى	الانحراف المرصود خلفى	الفرق	الانحرافات المصححة أمامى	الانحرافات المصححة خلفى	الفرق
ا ب	١٤٤° ٠٠´	٣٢٢° ٠٠´	١٧٨° ٠٠´	١٤١° ٤٥´	٣٢١° ٤٥´	١٨٠° ٠٠´
ب ح	٦٨ ٠٠	٢٤٧ ٣٠	١٧٩ ٣٠	٦٧ ٤٥	٢٤٧ ٤٥	١٨٠ ٠٠
ح د	٢٧٨ ٣٠	٩٩ ٤٥	١٧٨ ٤٥	٢٧٨ ٤٥	٩٨ ٤٥	١٨٠ ٠٠
د ا	٢٣٦ ٠٠	٥٧ ١٥	١٧٨ ٤٥	٢٣٥ ٠٠	٥٥ ٠٠	١٨٠ ٠٠

ملاحظات على الحل

١ — الفرق بين الإنحرافين أقل ما يمكن فى الخط ب ح هو ٣٠´

٢ — صحح الانحرافين الأمامى للخط ب ح بطريقة المتوسطات

٣ — صححت بقية الانحرافات بطريقة الجاذبية المحلية

مثال (٣)

ا ب ح د ه ا مضلع مقفل قيست أضلاعه فكانت ٤٥ر٠٠ — ٤٠ر٠٠ — ٧٠ر٠٠ — ٤٠ر٠٠ — ٦٠ر٠٠ مترا على التوالى وقيست إنحرافات الخطوط الأمامية والخلفية بالبوصلة المنشورية فكانت :

الضلع	الانحراف الأمامى			الانحراف الخلفى	
ا ب	٣٠´	٧٠°	،	٣٠	٨٩°
ب ح	٣٠	٣٥٩	،	٣٠	١٨٠
ح د	١٥	٦٠	،	٤٥	٢٣٩
د ه	٤٥	١٤٩	،	١٥	٣٣٠
ه ا	٣٠	٢١٠	،	٣٠	٢٩

أحسب الزوايا الداخلية المصححة للضلع — أرسم المضلع بمقيـــاس رسم ١ : ١٠٠٠ ثم صححه تخطيطياً

الحل

الضلع	الطول	الانحرافات المرصودة أمامي	الانحرافات المرصودة خلفي	الفرق	الانحرافات المصححة أمامي	الانحرافات المصححة خلفي
ا ب	٤٥	٢٧٠ ٣٠	٨٩ ٣٠	١٨١ ٠٠	٢٧٠° ٠٠′	٩٠° ٠٠′
ب حـ	٤٠	٢٥٩ ٢٠	١٨٠ ٣٠	١٧. ٠٠	٠٠ ٠٠	١٨٠ ٠٠
حـ ء	٧٠	٦٠ ١٥	٢٣٩ ٤٥	١٧٩ ٣٠	٦٠ ٠٠	٢٤٠ ٠٠
ء هـ	٤٠	١٤٩ ٤٥	٣٣٠ ١٥	١٨٠ ٣٠	١٥٠ ٠٠	٣٣٠ ٠٠
هـ ا	٦٠	٢١٠ ٢٠	٢٩ ٣٠	١٨١ ٠٠	٢١٠ ٠٠	٣٠ ٠٠

الزاوية الداخلة عند ب = ٠٠° ٠٠′ — ٩٠° ٠٠′ = ٠٠° ٠٠′ = ٩٠°

الزاوية الداخلة عند حـ = ١٨٠ — ٩٠ = ١٢٠

الزاوية الداخلة عند ء = ٢٤٠ — ١٥٠ = ٩٠

الزاوية الداخله عند هـ = ٣٣٠ — ٢١٠ = ١٢٠

الزاوية الداخلة عند ا = ٣٠ — ٢٧٠ + ١٦٠ = ١٢٠

مجموع الزوايا الداخلية = ٥٤٠°

يلاحـــظ أن الزوايا هى ٩٠° ، ١٢٠° — ويمكن رسم الشكل بالإستعانة بالمثلث فقط — وتوقيع الأطوال حسب مقياس الرسم ١ سم لكل ١ متر . ويفرد الشكل — ويصحح خطأ القفل تخطيطاً . والخط ا ب يتجه غربا تماما

وأجريت التصحيحات للانحرافات بطريقة المتوسطات حيث أن الفرق فى الانحرافات تزيد أو تقل عن ١٨٠° بمقدار درجة واحدة

مثال ٤ :

ا ب حـ مضلع مقفل س ، ى نقطتان خـــارجتان عنه وقيست الزاوية ا س ى فكانت ٤٢´ ١٢٨° ، فإذا علم أن النقط جميعها تقع فى منطقة منجم حديد وكانت الإنحرافات المقاسة للاضلاع بالبوصلة المنشورية هى :

ا ب ١٦´ ١٤٠° حـ ب ٣١´ ٨٥° حـ ا ٠٨´ ٣٣٣
ا حـ ٥´ ١٧٣° ب حـ ٠٩ ٢٧٣° ب ا ٥٧´ ٣٠٧°

والخط ا س يتجه جنوبا تمـــاما — عين الانحرافات الصحيحة لأضلاع المضلع وكذلك للخط ى س

الحل

التصحيح يكون بطريقة الجاذبية المحلية حيث أن المضلع فى منطقة بها منجم حديد والفرق يزيد على ١°

الضلع	الانحراف الامامى	الانحراف الخلفى	الفرق	الامامى المصحح	الخلفى المصحح
ا ب	١٤٠° ١٦´	٣٠٧° ٥٧´	١٦٧ ٤١´	١٢٤ ٠٨´	٣٠٤ ٠٨´
ب حـ	٢٧٢ ٠٩	٨٥ ٣١	١٨٧ ٣٨	٢٦٩ ٢٠	٨٩ ٢٠
حـ ا	٣٣٣ ٠٨	١٧٣ ٠٥	١٦٠ ٠٣	٣٣٦ ٥٧	١٥٦ ٥٧

ومن الجدول نجد أن جميع النقط متأثرة بالجاذبية المحلية ، لذا أخترنا أقـل الخطوط تأثرا ـ وهو الخط ب حـ ـ وصححناه بطريقة المتوسطات ثم صححنا باقى الخطوط للجاذبية المحلية .

ومن الجدول نجد أن التصحيح عنـــد نقطة ء هو — ٨٠´ ١٦٠°

وبذلك فإن :

انحراف ا س = ١٨٠° — ٨٠´ ١٦° = ٥٢´ ١٦٣°

انحراف س ء = ا س — (١٨٠° — س^)

= انحراف ء س — ١٨٠° + س^

انحراف ء س = انحراف س + ١٨٠°

= ٥٣´ ١٦٣° + ٤٢´ ١٢٨°

= ٣٤´ ٢٩٢°

مثال (٥) :

الارصاد الآتية أخذت اترافرس مقفل ءب حـ هـ ا .

والمطلوب إيجاد :

١ — الانحرافات المصححة للضلع .

٢ — الكميات اللازمة لرسم المضلع بطريقة المركبات .

الخط	الطول بالمتر	الانحراف الأمامى		الانحراف الخلفى	
أ ب	٥٨	١٨´	٦٤°	١٨´	٢٤٤°
ب حـ	٩٠	١٩	١٢٨	٤٩	٣٠٧
حـ ء	٦٣	٠٥	٢٠١	٣٥	٢٢
ء هـ	٤٥	٤٩	٢٨٨	٥٩	١٠٧
هـ أ	٩٤	١٨	٣٢٤	٠٨	١٤٤

الحل

أولا : تصحيح الانحراف الدائرية للمضلع:

الخط	الطول بالمتر	الانحراف الامامى	الانحراف الخلفى	الفرق	الانحراف الامامى المصحح	الانحراف الخلفى المصحح	الفرق
أ ب	٥٨	٦٤° ١٨'	٢٤٤° ١٨'	١٨٠° ٠٠'	٦٤° ١٨'	٢٢٤° ١٨'	١٨٠° ٠٠'
ب حـ	٩٠	١٢٨ ١٩	٣٠٧ ٤٩	١٠٩ ٣٠	١٢٨ ١٩	٣٠٨ ١٩	١٨٠ ٠٠
حـ ء	٦٣	٢٠١ ٠٥	٢٢ ٣٥	١٧٨ ٣٠	٢٠١ ٣٥	٢١ ٣٥	١٨٠ ٠٠
ء هـ	٤٥	٢٨٨ ٤٩	١٠٧ ٥٩	١٨٠ ٥٠	٢٨٧ ٠٩	١٠٧ ٤٩	١٨٠ ٠٠
هـ أ	٩٤	٣٢٤ ١٨	١٤٤ ٠٨	١٨٠ ١٠	٣٢٤ ٠٨	١٤٤ ٠٨	١٨٠ ٠٠

ملحوظة : تم التصحيح بطريقة الجاذبية المحلية بإعتبار أن الخط ا ب خال من الجاذبية .

ثانيا : حساب المركبات الأفقية الرأسية المصححة :

الخط	الطول	الانحراف الدائرى الصحيح	ربع الدائرة	الانحراف المختصر	المركبة الرأسية = ل جتا هـ	المركبة الأفقية = ل جا هـ	المركبة الرأسية المصححة	المركبة الأفقية الرأسية
أ ب	٥٨	٦٤° ١٨َ	ش ق	٦٤° ١٨َ	+ ٢٥ر١٥٢٢	+ ٥٢ر٣٦٢٥	= + ٢٥ر٠٧٩٢	= + ٥١ر٩٦٦٧
ب ح	٩٠	١٢٨ ١٩	ح ق	٥١ ٤١	− ٥٥ر٨٠٠٦	+ ٧٠ر٦١٣٦	= − ٥٥ر٧٣٣٤	= + ٦٩ر٤٧٦٣
ح ء	٩٣	٢٠١ ٣٥	ح غ	٢١ ٣٥	− ٥٨ر٦٨٢٧	− ٢٣ر١٧٤٨	= − ٥٨ر٥٣٧١	= − ٣٣ر٣٢٧١
ء هـ	٤٥	٢٨٧ ٤٩	ش غ	٧٢ ١١	+ ١٣ر٧٦٨٧	− ٢٣ر٨٤١٨	= + ١٣ر٨٠٣٣	= − ٥٥ر٩٥٣٧
	٩٤	٣٢٤ ٠٨	ش غ	٣٥ ٥٢	+ ٧٦ر١٧٦٠	− ٥٥ر٠٧٤٧	= + ٧٥ر٣٦٧٧	= − ٥٥ر٣١٢٥
محيط المضلع	٣٥٠				+ ١١٥ر٠٩٦٩	+ ١٢٢ر٨٧٦١	+ ١١٤ر٢٧٠٥	+ ١٢١ر٦٠٣٤
					− ١١٤ر٣٨٣٣	− ١٢١ر٠٩١٣	− ١١٤ر٢٧٠٥	− ١٢١ر٦٠٣٤
					+ ٠ر٧١٣٦	+ ١ر٧٨٤٨	٠٠ ٠٠	٠٠ ٠٠

ملحوظة : للخط أ ب :

المركبة الرأسية المصححة = + ٢٥ر١٩٧٥ + (− ٠ر٧١٣٦ × ٥٨) / ٣٥٠ = + ٢٥ر٠٧٩٢

المركبة الأفقية المصححة = ٥٢ر٣٦٢٥ − (٠ر٨٨٥٥ × ٥٨) / ٣٥٠ = + ٥١ر٩٦٦٧

ملاحظات على الحل :

المركبة الرأسية للخط = طول الخط × حتا زاوية الانحراف المختصر

المركبة الأفقية للخط = طول الخط × حا زاوية الانحراف المختصر

مركبات خطأ القفل هي :

المركبة الرأسية للخطأ = + ٧١٣٦ر٠

المركبة الأفقية للخطأ = + ٧٨٤٨ر١

طول المحيط = ٣٥٠ مترا .

وبذا فإن التصحيح للمركبات الرأسية وللمركبات الأفقية يكون بالسالب .

تمـــارين

١ - إذا علم أن الإنحراف المختصر الإفتراضى لخط ء ب سنة ١٩٤٠ هو حـ ١٤ً ٨٨ غ وكان الشمال الإفتراضى ينحرف عن الشمال الجغرافى ٤٤ً ١° غربا فأحسب الإنحراف الجغرافى للخط ١٩٧٩ ، كذلك إنحرافه المغناطيســى إذا علم أن زاوية الأختلاف فى سنه ١٩٤٠ كانت ٢٣ً ٦° شرقا وأن معـدل التغير السنوى فى زاوية الإختلاف كان ١٨ً غــربا .

٢ - إحسب الإنحراف المغناطيسى المختصر لخط علم أن إنحـرافه الجغـرافى ٣٤ً ٢٤٨° وكانت زاوية الإختلاف المكان ٥٦ً ١٢° غـــربا . ماذا يكون الإنحراف المغناطيسى المختصر لنفس الخط بعد مرور ٢٠ عاما إذا كان معـــدل التغيير فى زاوية الإختلاف ١٢ً ١° سنويا وإلى الغـرب؟

٣ - مضلع ا ب حـ قيست الانحرافات فكانت كما يلى :

ب حـ = ٣٠ً ٦٤° ، حـ ب = ٢٢ً ٢٤٣° ، ب ا = ٣١٥°

ا حـ = ٣٦° ، ا هـ = ٥٥ً ٠٠ ، هـ ا = ٤٥ً ١٧٨

ماهى الانحرافات المصححة للأضلاع ؟ وإذا قيس الانحراف من نقطة حـ إلى ركن مبنى هـ وكان ١٧٨° . فما هو الإنحراف الصحيح للخط حـ هـ ؟

٤ - لرفع منطقة أجرى تشكيل مضلعـــين ا ب ء ، ء هـ و ثم قيست انحرافات أضلاعها بالبوصلة كما هو مبين فيما بعد - وقد كان المضلع الاول فى منطقة تشون ملئنه بالحديد والمعادن تمهيدا لبناء كوبرى - أما المضلع الثانى فـكان فى منطقة خالية تماما من أية مؤثرات على البوصلة - وبعد أن تم بناء الكوبرى روى

ربط المضلعين ا س ى وكان إنحراف ا س يساوى صفر ، والزاوية ا س ى = ١٢٤° . أوجد إنحرافات الخطوط ا ب ، حـ ا ، ى س ، ى هـ ، و ى الصحيحة

ا ب = ٢٧َ ١٥١° ، حـ ب = ٢٠َ ٢٨٤° ، حـ ب = ٤٢َ ٩٦°

هـ ا = ١٩ ٣٤٤ ، ا ب = ٠٨ ٣١٨ ، ا حـ = ١٦ ١٨٤

ى هـ = ١٦ ١٩٠ ، هـ ى = ٥٨ ٩٢ ، و هـ = ٤٣ ٢٧١

ى و = ٤١ ١٠٤ ، هـ و = ٤٤ ١٢ ، و ى = ١٧ ٢٨٥

٥ — ب ا حـ مثلث ، ى هـ نقطتان خارجتان والزاوية ا ى هـ = ١٠٠°
والإنحرافات للاضلاع هى :

ا ب = ٥٧َ ٣٠٧° ب ا = ١٦َ ١٤٠° ، ب حـ = ٣١َ ٨٥°

حـ ب = ٠٩َ ٢٧٣° حـ ا = ٥َ ١٧٣° ، هـ = ٠٨َ ٢٢٣°

ا ى = ٨٠َ ١٨٠° — عين الإنحراف الدائرى الصحيح للخط ا ب

والإنحراف المختصر للضلع هـ ى

٦ — كانت نتيجة أرصاد ترافرس بوصلة مقفل كما يلى :

الخط	الإنحراف الأمامى	الإنحراف الخلفى
ا ب	٣٠َ ١٩١°	٤٥َ ٩°
ب حـ	٤٥ ٠٠	١٥ ١٨٢
حـ ى	١٥ ٣٢٨	١٥ ٥٨
ى هـ	٣٠ ٢٢	٣٠ ٢٠٣
هـ ا	٤٥ ٧٣	٠٠ ٢٥٣

صحح هـذا الترافرس ، أحسب الإنحرافات المختصرة للأضلاع ، وأحسب أيضا الزوايا الداخلية فى المضلع ، مع تصحيح هذه الزوايا

٧ ـــ صحح الإنحرافات للمضلع ا ب حـ ء هـ ا وذلك بطريقة الجاذبية المحلية . وعين الانحرافات المختصرة لكل ضلع بعد التصحيح إذا كانت الانحرافات المقاسة هى :

الضلع	الأمامى	الخلفى
ا ب	٢٢٥° ٣٠َ	٥٢° ٢٠َ
ب حـ	٢٩٤ ٤٠	١١٥ ٤٠
حـ ء	٢١ ٣٠	٢٠٣ ١٠
ء هـ	٩٦ ٠٠	٢٧٦ ٠٥
هـ ا	١٤٥ ٥٠	٢٣٦ ٢٠

٩ ـــ شكل رباعى مقفل ا ب حـ ء فيه :

الضلع	الطول (متر)	الإنحراف الدائرى
ا ب	١٠٠	٦٠°
ب حـ	١٥٠	١٢٠
حـ ء	١٢٠	٢١٠

عين طول وإنحراف الخط ء ا

الباب الثالث

الخرائط المساحية

إن من أهم الواجبات الأساسية فى علم المساحة هو عمل خرائط بمقاييس رسم مختلفة لتفى أغراضا كثيرة ، وتبحث المساحة المستوية والتى نحن بصددها عمل نوعين أساسين من الخرائط هما الخرائط الطبوغرافية والخرائط التفصيلية

اولا — الخرائط الطبوغرافية : (Topographic maps)

وهى الخرائط التى تبين المعـــالم الأساسية بالمنطقة كحدود البلاد والمشاريع الصناعية وطبوغرافية المنطقة ممثلة فى خطوط الكونتور أو مناسيب النقط الأساسية كما سيأتى بعد . كما تبين أيضا التفاصيل الطبيعية والإنشائية

وترسم هذه الخرائط بمقياس رسم صغير وغـــالبا ما يكون ١ : ٢٥٠٠٠ ويتراوح مقياس الرسم بها عموما ما بين ١ : ٥٠٠٠ إلى ١ : ١٠٠٠٠٠

وأهم إستعمالات الخرائط الطبوغرافية هى :

١ — التخطيط العام للمشاريع الهندسية فهى لازمة لعمليات حصر الأراضى والتخطيط لمشروعات الرى والصرف وغيرها

٢ — الدفاع القومى والأغراض العسكرية

٣ — تحسين موارد الإنتاج للمعادن وغيرها — فهذه الخرائط ضرورية فى حالة البحث عن أماكن المعادن والبترول والغـازات الطبيعية والخامات المختلفة وتعرف حينئذ بالخرائط الجيولوجية .

٤ — تخطيط الطرق والمدن والمطارات وتآكل التربة ومقاومة الفيضانات واختيار مواقع أبراج نقل التيار الكهربائى العالى

٥ — تعتبر الأساس الأول لإنشاد خرائط ذات مقياس كبير لأجزاء المنطقة .

ثانيا — الخرائط التفصيلية (كادسترالية) : (Cadastral maps)

وهى خرائط توضح حدود وتفاصيل الملكيات الزراعية والعقارية وتسمى عادة فى مصر الخرائط التفصيلية ١ : ٥٠٠ ، ١ : ١٠٠٠ بخرائط تفريد المدن بينما تسمى الخرائط التفصيلية ١ : ٢٥٠٠ بالخرائط الزراعية أو خرائط فك الزمام

وتستعمل الخرائط التفصيلية فى أغراض عديدة منها

١ — تحديد ملكيات الأراضى الزراعية والعقارات

٢ — تحديد الضرائب المستحقة عن الزمامات والأملاك

٣ — تقسيم الأراضى والملكيات وتعديل الحدود بين الملكيات المختلفة

٤ — التخطيط النهائى للمشاريع وتفصيلاتها

وبالإضافة إلى هذين النوعين من الخرائط توجد وتعمل خرائط أخرى أنواعها كثيرة لأغراض خاصة فهناك خرائط جيولوجية وجغرافية وخرائط جيوفيزقية وخرائط ملاحية وغيرها وسنقتصر فى هذا المجال ونحن بصدد المساحة المستوية على نوعين وهما الخرائط الطبوغرافية والخرائط التفصيلية .

وسوف نتناول بالشرح فى هذا الباب أهم المتطلبات اللازمة للخرائط المساحية مثل مقياس الرسم اللازم لعمل الخريطة وطرق رسم وتكبير وتصغير ونسخ الخرائط وإنكماش الخرائط وترتيب الخرائط بالنسبة لبعضها وغيرها من الموضوعات العامة والخاصة بالخرائط المساحية

مقياس الرسم للخريطة

من الطبيعى أنه لا يمكن رسم خرائط لمناطق معينة بأبعادها الطبيعية ولذلك تصغر هذه الأبعاد بنسبة ملائمة تتوقف على :

١ — نوع الخريطة من حيث الغرض التى تنشأ من أجله.

٢ — أهمية العمل المراد إنشاء الخريطة له

٣ — أبعاد اللوحة التى ترسم عليها الخريطة

ولذا يجب تحويل الأبعاد فى الطبيعة إلى نسبة معينة منها تسمى بمقياس رسم الخريطة أو مقياس الرسم . أى أن مقياس الرسم هو النسبة الثابتة بين طول أى بعد على الخريطة والطول المقابل له فى الطبيعة .

أنواع المقاييس

المقاييس المستخدمة عادة فى الخرائط المساحية نوعان :

(أ) عددية (ب) تخطيطية

١ — **المقياس العددى** : هو نسبة ثابتة ويبين بكسر إعتيادى بسطه الواحد ومقامه العدد الدال على مقدار الطول الطبيعى المساوى له فإذا كان لدينا بعد بين نقطتين فى الطبيعة هو ٤٠ مترا بينما هو فى الخريطة ١ سم فيكتب ١ سم = ٤٠ متر ويكون مقياس الرسم هو ١ : ٤٠٠٠ كنسبة وأحيانا $\frac{١}{٤٠٠٠}$ ككسر إعتيادى وقياسا على هذا فنجد مقاييس مختلفة مستعملة مثل $\frac{١}{١٠٠}$ ، $\frac{١}{٥٠٠}$ ، $\frac{١}{١٠٠٠}$

أو ١ : ١٠٠ ، ١ : ٢٠٠٠ ، ١ : ١٠٠٠ ، ١ : ٢٥٠٠٠ وهكذا

المقياس التخطيطى :

لتعين الأطوال على الخريطة لابد لنا من إجراء عمليات حسابية من الأطوال فى الطبيعة — لذلك يمكننا الاستغناء عن العمليات الحسابية كل مرة وذلك برسم مقياس الرسم للخريطة بطريقة معينة وتعين منه الأطوال مباشرة ويسمى المقياس فى هذه الحالة بالمقياس التخطيطى ومزاياه كثيرة وهى :

١ — أسهل من المقاييس العددية وخصوصا إذا كانت القطعة المراد رسمها تتكون من خطوط كثيرة

٢ — تسهيل العمل وتوفير الوقت وقلة الخطأ

٣ — يرسم المقياس فى أسفل الخريطة وبذا يتلاشى تأثير التمدد والانكماش على الأطوال المعينة بالمقياس التخطيطى إذ أن المقاييس العددية لاتعطى نتائج صحيحة عند قياس أى بعد على الخريطة وتحويله إلى البعد المقابل فى الطبيعة نظرا لما يطرأ على الخريطة من التمدد أو الانكماش فى حين أن المقياس التخطيطى يكون تحت نفس العوامل والظروف المؤثرة على الخريطة نفسها

وتنقسم المقاييس التخطيطية إلى قسمان :

مقاييس طولية بسيطة ومقاييس شبكية

أولا — المقاييس البسيطة :

سنبين هذا النوع من المقاييس التخطيطية بالأمثلة التالية :

مثال ١ :

أرسم مقياسا بسيطا $\frac{١}{١٠٠٠}$ ليبين ٢ متر

الحل

هذا المقياس معناه أن وحدة طول على هذه الخريطة تقابل ١٠٠٠ وحدة من هذا الطول فى الطبيعة أى أن :

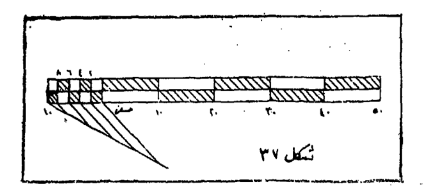
١ سم على الخريطة يقابلها فى الطبيعة ١٠٠٠ سم

بمعنى أن :

١ سم على الخريطة يقابلها فى الطبيعة ١٠ م

نرسم خطا مستقيم بطول مناسب ونأخذ عليه عدة أقسام متساوية ، طول كل قسم منها ١ سم ونكتب عليها ما تساويه فى الطبيعة وهو ١٠ م

وبمقياس الرسم هذا يكون أصغر قسم يمكن معرفته هو ١٠ متر ولكنه مطلوب مقياس ليبين ٢ متر ولذلك نأخذ القسم الموجود على اليسار ونقسمه إلى ٥ أجزاء كل منها يساوى ٢ متر كما هو موضح فى شكل (٣٧)



شكل ٣٧

مثال ٢ :

أرسم مقياس بسيط ١ : ٢٥٠٠ يقرأ ١٠ قصبات

الحل

١ قصبة يقابلها فى الطبيعة ٢٥٠ قصبة

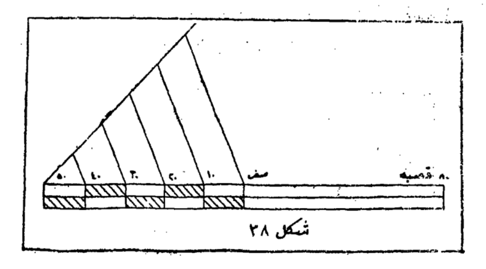
٣٫٥٥ متر فى الطبيعة ٢٥٠٠ قصبة

٣٥٥ سم فى الطبيعة ٢٥٠٠ قصبة

٣٫٥٥ سم فى الطبيعة ٢٥ قصبة

٧٫١ سم فى الطبيعة ٥٠ قصبة

ويلاحظ أننا لم نقف عند الحد ٣٫٥٥ سم يقابلها فى الطبيعة ٢٥ قصبة بل أخذنا الحد ٧٫١ سم يقابلها فى الطبيعة ٥٠ قصبة وذلك لعدم إمكان تقسيم ٣٫٥٥ أو رسمها بالمسطرة العادية



شكل ٣٨

وعلى هـــذا نرسم خطا مستقيما نأخذ عليه الطول ١٫٧ سم مرتين كل مرة تمثل ٥٠ قصبة ، ونقسم أحد هذين القسمين إلى أقسام متساوية كل قسم يعين ١٠ قصبات كما هو موضح فى شكل (٢٨)

وحيث أنه لا يمكن تقسيم طوله ١٫٧ سم إلى ٥ أقسام بإستعمال المسطرة لذلك نستعمل الطريقة الهندسية المعروفة وهى أننا نرسم أى خط من أحد طرفى الجزء الأخير ونأخذ عليه ٥ أطوال متساوية معروفة ٢ سم مثلا ونصل نهايتها بنهاية الجزء ونرسم موازيات لهـذا الخط من نقط التقسيم للخط لنحصل على نقط التقسيم المطلوبة

ثانيا : المقياس الشبكى

يستعمل هـذا المقيـاس لنفس الغرض الذى يستعمل له مقياس الرسم البسيط إلا أنه يمكننا بواسطته تعيين الأطوال القصيرة التى لا يمكن تعيينها بواسطة المقياس البسيط وذلك فى الحالات التى لا يمكن فيها تقسيم القسم الذى على يسار الصفر إلى العدد المطلوب من الأقسام

مثال ١ :

إنشىء مقياس رسم ١ : ١٠٠٠ يبين أمتار صحيحة

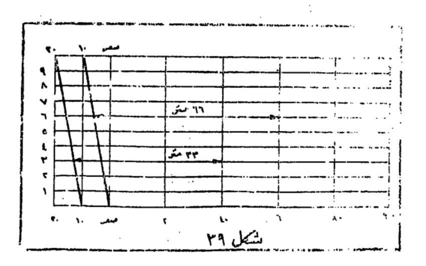
الحـل

١ متر فى الخريطة يقابلها فى الطبيعة ٢٠٠٠ متر

١٠٠ سم يقابلهم فى الطبيعة ٢٠٠٠ متر

١ سم يقابله فى الطبيعة ٢٠ متر

ونرسم مستقيم أفقياً على الخريطة ونقسمه إلى أقسام رئيسية متساوية كل منها يساوى ١ سم ويبين ٢٠ متر فى الطبيعة ونبين الأبعاد المقابلة لها إبتداء من صفر ، ٢٠ ، ٤٠ ، ٦٠ وهكذا ونأخذ قسما على يسار الصفر قيمته ٢٠ مترا وهو يساوى فى الخريطة ١ سم وحيث أن المطلوب أن يبين المقياس حتى ١ متر لذا يجب تقسيم ١ سم إلى ٢٠ قسم ، ولكن من البديهى أنه لا يمكن تقسيم ١ سم إلى ٢٠ قسم بدقة . لذلك نقسم الجزء الأساسى إلى قسمين كل منهم يساوى ١٠ أمتار ثم نقيم على المقياس الأساسى أعمدة من النقط الأساسية للجزء الذى على يسار الصفر ونأخذ عليه ١٠ أبعاد متساوية ، ونرسم منها خطوط موازية للمقياس الأساسى ثم نصل قطرى المستطيلين المكونين فى القسم الذى على يسار الصفر ويحصر القطر المائل المجاور للخط الرأسى عند الصفر مسافات على الخطوط المتوازية تكون على الترتيب من أسفل إلى أعلى ١ متر ، ٢ متر ، ٣ متر وهكذا كما هو الواضح فى الشكل (٢٩)



شكل ٢٩

ويلاحظ فى هذا المثال أنه يمكن التحكم فى أقل وحدة على المقياس الرئيسى وعلى ذلك يمكن تحديد عدد الأقسام الرأسية لكى يمكن الحصول على أقل قراءة

من العلاقة :

عدد الأقسام الرأسية = $\frac{\text{أقل وحدة على المقياس الرئيسى}}{\text{أقل قراءة مطلوبة}}$	... (١٥)

مثال ٣ :

أرسم مقياس تخطيطيا ١ : ١٠٠ يقرأ ١ ذراع وبين القراءة (٣٩ ، ٦٤ ذ)

الحل

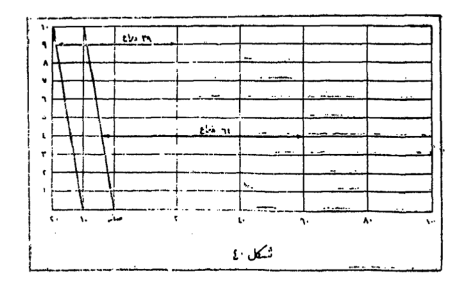
٧٫٥ سم على الخريطة يقابلها فى الطبيعة ١٠٠٠ ذراع

٧٥ سم على الخريطة يقابلها فى الطبيعة ١٠٠٠٠ ذراع

٧٫٥ سم على الخريطة يقابلها فى الطبيعة ١٠٠ ذراع

١٫٥ سم على الخريطة يقابلها فى الطبيعة ٢٠ ذراع

ولذا نرسم خطا مستقيما ونأخذ عليه أقسام رئيسية طول كل منها ١٫٥ سم لتبين ٢٠ ذراع فى الطبيعة كما فى شكل (٤٠) مع إعتبار أخذ القسم الذى على يسار



شكل ٤٠

الصفر لتقسيمه إلى قسمين كل منها ١٠ أذرعة . والآن لتعيين الأقسام الرئيسية وعددها نجد أن :

$$\text{عدد الأقسام الرأسية} = \frac{\text{أقل وحدة}}{\text{أقل قراءة}} = \frac{10}{1} = 10 \text{ أقسام}$$

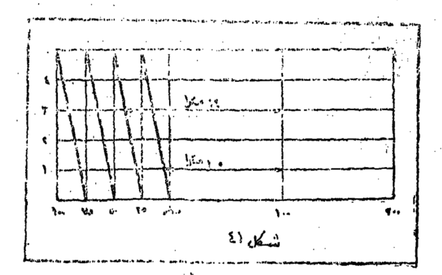
ولذا نتبع نفس الخطوات التى فى المثال السابق وأصل قطرى المستطيلين لنحصل على أقل قراءة وهى ١ ذراع

مثال ٣ :

ارسم مقياس شبكى ١ : ٥٠٠٠ يقرأ ٥ متر وبين عليه القراءتين ١٠٥ متراً و ١٤٠ متراً

العمل

اتبع نفس الخطوات السابقة لأتمام المقياس كما هو موضح فى شكل (٤١)



شكل ٤١

العلاقة بين خطوط الخريطة وما يقابلها فى الطبيعة :

قد يحدث أحيانا أن توجد خط أى مساحة معينة من خريطة بمقياس رسم يختلف عن مقياس رسم الخريطة التى رسمت به . فـــإذا رمزنا لمقياس الرسم المرسوم به الخريطة $م_١$ والمقياس المطلوب $م_٢$

$$\text{فيكون الطول المطلوب} = \text{الطول المرسوم} \times \frac{م_١}{م_٢}$$

$$\text{المساحة المطلوبة} = \text{المساحة المرسومة} \times \frac{م_١^٢}{م_٢^٢}$$

مثال ١ :

رسم خط بمقياس ١ : ٢٥٠٠ ولكن عند قياسه باستخدام مقياس ١ : ٢٠٠٠ فوجد أن طوله هو ٥٠٠ متر . فماهو طوله الحقيقى وماذا يكون طوله على خريطة ١ : ٥٠٠٠ ؟.

الحـل

$$\text{الطول الحقيقى} = \text{الطـــول الخطأ} \times \frac{م_١}{م_٢}$$

$$٥٠٠ \times \frac{٢٥٠٠ \times ١}{١ \times ٢٠٠٠} = ٦٢٥ \text{ متراً}$$

طول الخط فى الخريطة = $\frac{٦٢٥}{٥٠٠٠} \times ١٠٠$ = ١٢٫٥ سم

مثال ٢

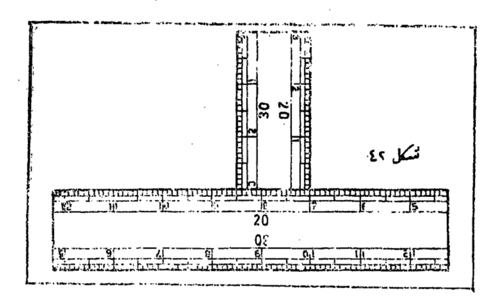
رسمت قطعة أرض على خريطة بمقياس ١ : ٢٥٠٠ فكانت مساحتها على الخريطة مساوية لمساحة قطعة أخرى مرسومة بمقياس رسم هو ١ : ١٠٠٠ معلوم أن مساحتها ٥٠ فدان . فما هى المساحة الحقيقية لقطعة الأرض ؟

الحل

المساحة الحقيقية = ٥٠ $\left(\frac{٢٥٠٠ \times ١}{١ \times ١٠٠٠} \right)^{٢}$ = ٣١٢٫٥ فدان

رسم الخرائط

عندما يشرع فى رسم خريطة لمنطقة مـــا يجب أن يختار المقياس المناسب لغرض الخريطة ثم يرسم هيكل المنطقة مع بيـــان مواضع النقط برسم دوائر عليها وتوقع على الخريطة الابعاد والاحداثيات المأخوذة أثناء عملية التحشيه ولهذا الغرض تستعمل مسطرة تعرف بمسطرة الاحداثيات طولها ٦ سم ومقسمة ومدرجة بالامتار مباشرة حسب مقاييس رسم مختلفة وتنزلق على حافتها مسطرة



شكل ٤٢

منطبقة على الخط المراد رسم التفاصيل عليه (شكل ٤٢) . ثم توصل النقط أثناء الرسم بعضها ببعض لإظهار التفاصيل المطلوبة ثم تحبر الخريطة بعد إتمامها مع مراعاة رسم إتجـاه الشمال عليها ، وتظهر التفاصيل فى اللوحة وفقا للاصطلاحات المتبعة فى مصلحة المساحة وبذا يسهل فهم الخريطة والوقوف على تفاصيلها كما تلون أجزاؤها طبقا لدلالتها بالألوان المتفق عليها فى مصلحة المساحة

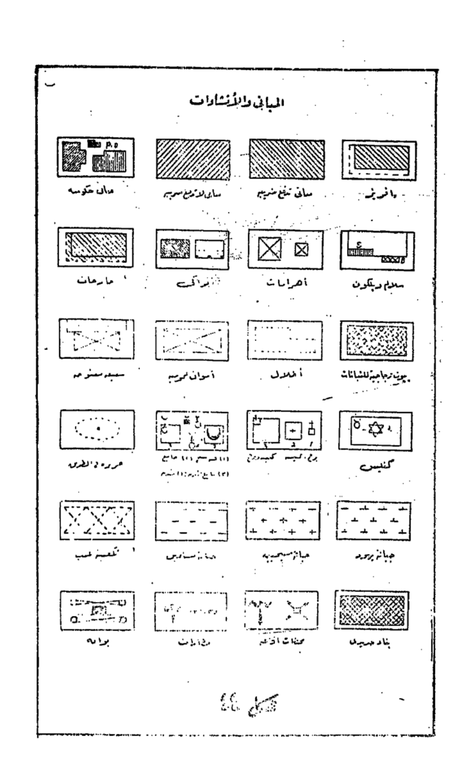
الاشارات الاصلاحية :

حتى نستطيع توقيع وإبراز أكبر كمية ممكنة من المعلومات والتفاصيل على الخريطة لابد من إختيار طريقة سليمة وواضحه وسهلة التمييز للتعبير عن الأماكن المختلفة والمبـــانى والإنشاءات وخطوط الحدود والكبارى والطرق وغيرها — ولذلك لابد من معرفة هذه الإشارات والإصطلاحات التى وضعتها الهيئات المساحية فى البلاد المختلفة (مصلحة المساحة فى مصر) — حتى يمكن قراءة الخريطة وفهم ما تدل عليه بأسرع ما يمكن.

وتحوى الخرائط عادة (فى ركن من أركانها) على جدول يبين الإصطلاحات الموجودة فى الخريطة ومدلولها . والأشكال (٤٣ ، ٤٤) تبين بعض الإصطلاحات المتبعة فى رسم الخرائط


خطوط الكهرباء
طرق زراعية
خطوط تليفونات
خطوط تلغراف
خطوط الضغط العالي
أسوار
خطوط الحدود
سكك حديدية
بوابة مزلقان
صندوق الأمان
رصيف
PLATFORM

شكل ٤٣


المباني والإنشاءات
أهرامات
أطلال

نسخ الخرائط

كثير مايطلب أكثر من نسخة لخريطة واحدة ولذلك تنسخ الخرائط لإمكان تبادلها باحدى الطرق الآتية:

١ – دفتر الغيط :

من واقع دفتر الغيط ومن البيانات الموجودة به والمأخوذة أثناء عملية التفريد يمكن رسم نسخ أخرى من الخريطة وهذه الطريقة غير عملية وتستخدم إذا أريد عمل نسخة واحدة فقط بمقياس رسم آخر .

٢ – التقسيم الى مثلثات أو مربعات .

تقسم الخريطة إلى مثلثات إذا كانت أغلب رسوماتها خطوطا مستقيمة ثم تنقل هذه المثلثات على النسخة المطلوبة بواسطة الفرجار . وتنقل معها تقاطع الحدود مع اضلاع المثلثات .

وغالبا ماتقسم الخريطة إلى مربعات يتناسب عددها حسب أهمية العمل والدقة المطلوبة ومقياس الرسم وكثرة التعاريج بالخريطة . ثم ترسم مربعات مماثلة على الخريطة الجديدة وتنقل تقاطع الحدود مع اضلاع المربعات إلى الخريطة الجديدة فى المواضع المقابلة لها .

٣ – التصوير والطبع والتصوير الفوتوغرافى

وهى أحسن وأحدث الطرق المستخدمة فى النسخ فيتم تصوير الخريطه على ورق حساس ويمكن منه طبع العدد اللازم من النسخ ـ وفى التصوير الفوتوغرافى تؤخذ صورة الخريطة بآلة تصوير على لوح سالب زجاجى ومنه يمكن طبع واستخراج النسخ اللازمة .

تكبير وتصغير الخرائط

يحدث كثيراً أن نحتاج إلى تكبير الخريطة للحصول على بعض التفاصيل الدقيقة أو لتوقيع بعض المشاريع الهامة عليها ومعنى هذا أننا نريد الحصول على خريطة بمقياس أكبر حتى يتسنى لنا العمل الدقيق والتخطيط المتقن — وفي بعض الأحيان نحتاج لضم بعض الخرائط ذات المقاييس الكبيرة لمناطق متجاورة ولذا فتصغر الخرائط بمقياس الرسم المناسب كما يحدث كثيراً في عمليات حصر الأراضي والزراعات .

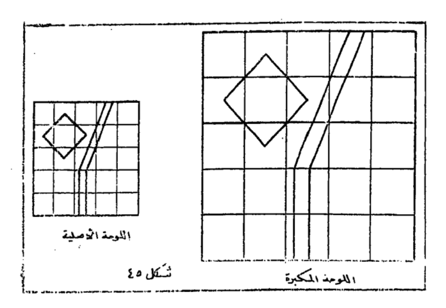
ويتم تكبير أو تصغير الخرائط باحدى الطرق الآتية :

١ — من واقع دفتر الغيط

من واقع البيانات الموجودة بدفتر الغيط والمأخوذ في عمليات التفديد تنسخ خريطة جديدة ولكن بمقياس الرسم الجديد المطلوب وبالطبع فهذه الطريقة ليست عملية .

٢ — باستخدام المربعات

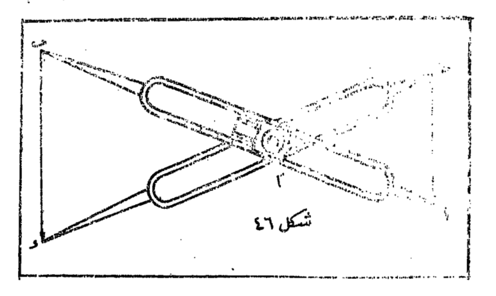
بتقسيم الخريطة إلى مربعات يتناسب عددها حسب أهمية العمل والدقة المطلوبة وكثرة التعاريج ثم ترسم مربعات جديدة النسبة بين أطوال أضلاعها وأطوال أضلاع المربعات الأصلية هي النسبة بين مقياس الرسم الأصلي والمقياس المطلوب وتنقل تقاطع الحدود والنقط داخل المربعات إلى المربعات الجديدة المناظرة كما في شكل (٤٥) .



شكل ٤٥

٣ - فرجار التناسب

يستعمل فرجار التناسب فى تكبير وتصغير الخرائط وهو عبارة عن ساقين معدنيتين ءب ، حو و ينتهى طرف كل منها بسن مدبب وفى سط كل منها بجراة


شكل ٤٦

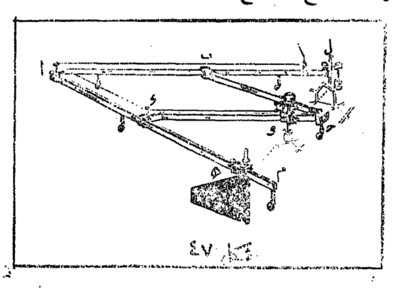
تتحرك فيه قطعة معدنية ذات ثقب عند المحور ومركب عليه صامولة ووردتان شكل (٤٦) ويمكن ربط الصامولة بالضغط على الوردتين والساقين ويوجد فى

وجه كل من الساقين على جانبي الجراة تقاسيم مدرجة لكي تعطى النسبة المطلوبة للتكبير أو التصغير .

ونظرية فرجار التناسب أن الساقين يصبحان رافعة محور ارتكازها المسمار م ويمكن تغيير موضع الإرتكاز فتتغير تبعـا لذلك كلا الساقين اجـ ، ب ى والنسبة بينهما . ولاستعمال فرجار التناسب في تكبير خريطة ما بنسبة ١ :٣ مثلا نحرك القطعتين معا على الجراة وتعمل العلامة المحفورة على القطعة المعدنية على الخط المرقوم ٣ وتربط الصامولة وتأخذ الأبعاد من الخريطة الموجـودة بالسنتين الصغيرتين ا جـ وتوقع على الخريطة الجديدة ذات المقياس الأكبـر بواسطة السنتين الكبيرتين ب ى .

٤ ــ البانتوجراف

هو جهاز يمكن بواسطته تكبير وتصغير الخرائط بسرعة ودقة شكل (٤٧) وهو عبارة عن أربعة أنابيب معدنية متصلة ببعضها إتصالا مفصليا عند النقط ا ، ب ، جـ ، ى بحيث يكون الشكل ا ب جـ ى عبارة عن متوازي أضلاع أو معين في أي وضع من أوضاع الجهاز .



شكل ٤٧

ويوجد على إمتـداد الضلع ا ى النقطة (هـ) وهى عبـارة عن ثقل يتحرك عليه هذا الضلع ويطلق عليها القطب

والنقطة (و) عبارة عن راسم ينتهى بقلم صلب أو بقلم رسم ، والنقطة (ل) تقع على إمتـــداد الضلع ا ب هى أيضا راسم ينتهى بقلم صلب أو قلم رسم . والساقان ا ى ، ى و مدرجان بتقاسم خاصة تعطى نسبا للتـكبير أو التصغير بحيث إذا ثبتنا كل من الراسم (و) والثقل (هـ) على نسبة معينة من هذه التقاسيم فإن النقط الثلاث هـ ، و ، ل تـكون على إستقامة واحدة . ويـكون لدينا فى شكل (٤٧) .

$$\frac{هـ ى}{هـ ا} = \frac{و ى}{ا ل} = \frac{هـ و}{هـ ل}$$

ويستعمل الجهـاز بتثبيت الثقل عند القطب هـ ويركب فى الراسمان (و) ، (ل) قلم صلب فى أحـدهما وقلم الرسم فى الآخر ويمرر القلم الصلب الموجود فى (و) حول محيط الشكل الأصلى ليرسم قلم الرسم فى (ل) شكلا مـــاثلا للشكل الأول مكبرا بالنسبة المطلوبة

ويلاحظ أنه إذا استعمل هـــذا الجهاز للتصغير فإننا نضع القلم الصلب فى (ل) ويكون قلم الرسم عند الراسم (و)

فمثلا إذا كان لدينا خريطة بمقياس رسم ١ : ٢٠٠ ويراد تصغيرها إلى رسم ١ : ٥٠٠ فنجد أن :

$$\frac{هـ ى}{هـ ا} = \frac{و ى}{ا ل} = \frac{١}{٥٠٠} = \frac{١}{٢٫٥}$$

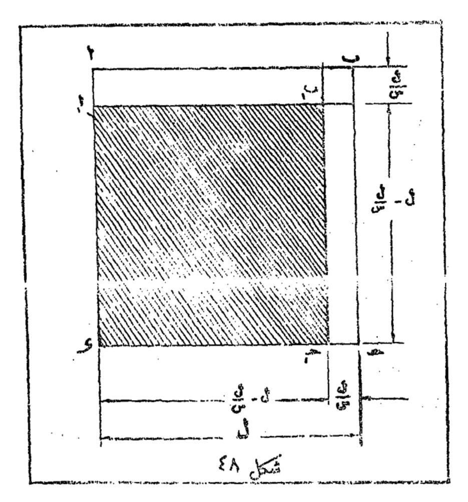
فيثبت الراسم (و) والثقل (هـ) على النسبة ١ : ٢٫٥ فنجد أن هـ ، و ، ل على إستقامة واحدة وتوضع الخريطة ذات المقاس ١ : ٢٠٠ عند الموضع (ل) ويوضع قلم الصلب فى الراسم (ل) وقلم الرسم فى الراسم (و) وبتحريك السن (ل) حول محيط الخريطة نحصل فى الوضع (و) على خريطة جديدة بمقياس الرسم المطلوب وهو ١ : ٥٠٠

والبانتوجراف أشكال متعددة غير أنها متفقة جميعها فى نظرية تشغيله

إنكماش الخرائط

غالبا ما ينكمش أو يتمدد ورق الرسم المرسوم عليه الخرائط المساحية وذلك نظرا لإختلاف درجات الحرارة والرطوبة فى الجو ، وعلى هذا الأساس يحدث إنكماش أو تمدد فى الخرائط نفسها — وتكون المقـــاسات صحيحة إذا كانت مأخوذة بمقياس رسم تخطيطى مرسوم على الخريطة إذ أن المقياس يتغير بنفس النسبة التى يتمدد أو ينكمش بها الورق والرسم الموقع عليه . أما إذا أستعملت مسطرة أو مقياس عادى فإن المقاسات المأخوذة تكون عرضة للخطأ لذا وجب تصحيح المساحات والأبعاد التى تقاس من الخرائط حتى نحصل على الأبعـــاد والمساحات الحقيقية ويتم ذلك برسم خط واحد فى الخريطة يكتب طوله وبهذا يمكن تعيين مقدار الإنكماش أو التمدد الذى يحدث فيه فى أى وقت وعليه يمكن حساب الطول الصحيح لأى خط أو المسافات الحقيقية

فإذا فرض أن معامل الإنكماش هو $\frac{١}{س}$ وهذه النسبة تساوى نسبة إنكماش خط على الورقة إلى طوله الأصلى وهى لاتتعدى $\frac{١}{٤٠٠}$ فإن خط طوله ل ينكمش بمقدار $\frac{ل}{س}$ ، وإذا كان لدينا خريطة على هيئة مربع طول ضلعه الحقيقى هو ل ، فيكون مقدار الإنكماش فى مساحة الخريطـة مساويا للمساحة الحقيقية مطروحا منها المساحة بعد الإنكمش شكل (٤٨)



شكل ٤٨

$$\text{المساحة بعد الإنكماش} = \left(\text{ل} - \frac{\text{ل}}{\text{س}}\right)^{2}$$

$$= \text{ل}^{2} - \frac{2\,\text{ل}^{2}}{\text{س}} + \frac{\text{ل}^{2}}{\text{س}^{2}}$$

وبإهمال الحد الأخير $\frac{\text{ل}^{2}}{\text{س}^{2}}$ لصغره تكون المساحة بعد الإنكماش مساوية :

$$\text{المساحة بعد الإنكماش} = \text{ل}^{2} - \frac{2\,\text{ل}^{2}}{\text{س}} = \text{ل}^{2}\left[1 - \frac{2}{\text{س}}\right]$$

المساحة بعد الإنكماس = المساحة الحقيقية (١ — ضعف معامل الإنكماش)

(١٦) ...

مثال (١)

خط طوله ٤٠سم قيس على الخريطة فوجد ٣٩٫٩سم وقيست مساحة قطعة أرض على نفس الخريطة فوجدت ١٦٠٠٠ م^{2} — ماهى المساحة الحقيقية ؟

الحل

معامل الإنكماش $= \frac{٤٠ - ٣٩٫٩}{٤٠} = \frac{٠٫١}{٤٠} = \frac{١}{٤٠٠}$

المساحة بعد الإنكماش = المساحة الحقيقية(١ — ضعف معامل الإنكماش

١٦٠٠٠ = المساحة الحقيقية $(١ - \frac{٢}{٤٠٠})$

١٦٠٠٠ = المساحة الحقيقية × ٠٫٩٩٥

المساحة الحقيقيه $= \frac{١٦٠٠٠}{٠٫٩٩٥} =$ ١٦٠٨٠٫٤ مترا مربعا

مثال (٢)

فى خريطة مقياس رسمها ١ : ٢٠٠٠ لوحظ أن خط كان طوله ٤٠ سم عند رسمها صار ٣٩٫٨٠ سم فإذا قدرت مساحة قطعة أرض فى هذه الخريطة فكانت ٩٠ سم^{2} . أوجد المساحه الحقيقية لهذه الأرض بالفدان وكسوره

الحل

المساحة الموجودة على الخريطة ٩٠ سم٢ وتعادل مساحة فى الطبيعة قدرها

$$٩٠ \times \frac{(٢٠٠٠)^{٢}}{١ \times ١٠٠ \times ١٠٠} = ٣٦٠٠٠ \text{ متر مربع}$$

معامل الإنكماش $\frac{٢}{٤٠٠} = ٠ر٠٠٥$

الخطأ الناتج عن الانكماش = ٣٦٠٠٠ × ٢ × ٠ر٠٠٥ = ٣٦٠ م٢

المساحة الحقيقية = ٣٦٠٠٠ + ٣٦٠ = ٣٦٣٦٠ متر مربع

المساحة الحقيقية = $\frac{٣٦٣٦٠}{٤٢٠٠}$ = ٨ر٦٠٧ فدان تقريبا

ترتيب الخرائط

هناك عدة طرق لترتيب الخرائط حسب مقاييس رسمها وأنواعها وأغراضها وذلك حتى يمكن الاستدلال عليها سريعا وكذلك لمعرفة موضعها بالنسبة إلى مجموعة من الخرائط الأخرى . وسوف نتعرض إلى ترتيب الخرائط فى مصر حيث توجد طريقتـــان أساسيتان لترتيب الخرائط الزراعية والتفصيلية والطبوغرافية وهما طريقة الاتجاه وطريقة الكيلو متر

اولا : طريقة الاتجاه — وقد استغنت مصلحة المساحة عنها وإن كانت بعض الخرائط المرتبة على هذا الأساس مازالت تحت التداول

ومقاييس رسم هذه الخرائط هى :

١ : ٥٠٫٠٠٠   ١ : ٢٥٫٠٠٠   ١ : ١٠٫٠٠٠   ١ : ٢٥٠٠

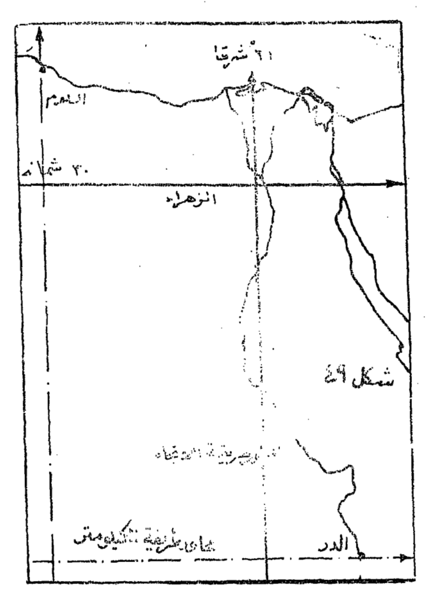
والخرائط المرسومة بالمقياسين الآخرين مازالت متداولة حتى الآن

ثانيا : طريقة الكيلو متر — وهى الطريقة المستخدمة حاليا فى مصلحة المساحة لسهولتها وعلى هذا فإن المناطق التى تعمل لها خرائط كيلو مترية تلغى خرائطها الاتجاهية ، والخرائط المرتبة بهذه الطريقة هى ذات مقاييس رسم :

١ : ١٠٠٫٠٠٠ ، ١ : ٢٥٫٠٠٠ ، ١ : ٢٥٠٠ ، ١ : ١٠٠٠ ،
١ : ٥٠

طريقة الاتجاه :

وفى هذه الطريقة أختير محورين أحدهما رأسى يمر بالشمال والجنوب بخط طول ٣١° شرقا والآخر أفقى ويمر بالشرق والغرب بخط عرض ٣٠ شمالا ويتقابل المحوران عند نقطة تبعد ١٢ كيلو مترا غرب الهرم الأكبر وتسمى

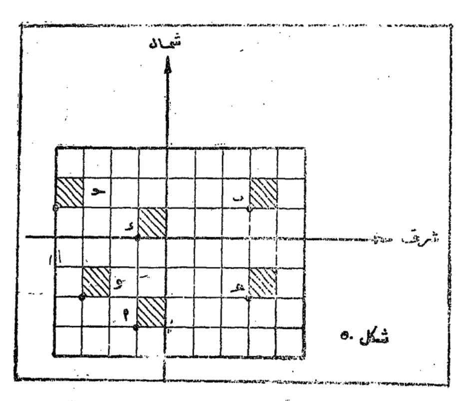


هذه النقطة بالزهراء شكل (٤٩) وقد ألغيت هذه الطريقة بالنسبة للمقاييس

١ : ٥٠٠٠٠ ، ١ : ٢٥٠٠٠ وأما الخرائط مقاييس ١ : ١٠٠٠٠ ،
١ : ٢٥٠٠ فطريقة الترتيب فيها كالتالى :

خرائط مقياس رسم ١ : ١٠٠٠٠

رتبت لوحات هذا المقياس بالنسبة للمحورين بأن تسمى اللوحة بإحداثيات الركن الجنوبى الغربى للوحة (الركن الأسفل إلى اليسار) ثم ثانياً بإسم الربع الواقع فيه فمثلا فى شكل (٥٠) نجد أن :



شكل ٥٠

اللوحة ا : ١ — ٣ جنوب غرب ؟ اللوحة ب : ٣ — ١ شمال شرق

اللوحة ح : ٤ — ١ شمال غرب ؟ اللوحة ى : ١ — صفر شمال غرب

اللوحة ه : ٣ — ٢ جنوب شرق ؟ اللوحة و : ٣ — ٢ جنوب غرب

(ويلاحظ هنا أن الكتابة تكون بذكر الابتدائى الأفقى ثم الرأسى للركن الأسفل إلى اليسار فى اللوحة ثم الربع الواقعة فيه اللوحة) .

خرائط بمقياس ١ : ٢٥٠٠

اللوحة المرسومة بمقياس ١ : ١٠٫٠٠٠ ترسم فى ١٦ لوحة من نفس الحجم بمقياس ١ : ٢٥٠٠ وعلى هذا الأساس فإن كل لوحة من لوحات ١ : ١٠٫٠٠٠ تحتوى على ١٦ لوحة من مقياس ١ : ٢٥٠٠ مرقمة بأرقام من ١ إلى ١٦ مرتبة كما فى شكل (٥١) .

١	٢	٣	٤
٥	٦	٧	٨
٩	١٠	١١	١٢
١٣	١٤	١٥	١٦

	٣٠-١٢-١١	
٣٠ — ١٢ — ١٤	٣٠-١٢-١٥ شمال شرق	٣٠ — ١٢ — ١٦
	٢٩-١٢-٣	

شكل ٥١

وكل خريطة من خرائط مقياس ١ : ٢٥٠٠ تسمى كما يلى :

أولا — برقم الخريطة مقياس ١ : ١٠٫٠٠٠ والحاوية للخريطة ١ : ٢٥٠٠ فمثلا إذا كانت اللوحة ١ : ١٠٫٠٠٠ الحاوية لها رقمها ١٢ — ٣٠ شمال شرق ورقم الخريطة ١ : ٢٥٠٠ هو ١٥ فيكون أسم اللوحة هو ١٥ — ١٢ — ٣٠ شمال شرق ، ولسهولة معرفة اللوحه المجاورة لأى لوحة من لوح ١ : ٢٥٠٠ لطلبها عند الحاجة نكتب على الخريطة من الجهات الأربع أرقام اللوح المجاور لها كما مبين فى شكل (٥١) .

طريقة الكيلومتر

أساس هذه الطريقة هو أختيار محورين أحدهما رأسى يمر بمدينة السلوم على أساس أنها حدود مصر الغربية والآخر أفقى يمر بمدينة الدر (جنوب أسوان) شكل (٤٩) على أساس أنها حدود الأراضى الزراعية جنوبا ونقطة تلاقيهما تعتبر نقطة الأصل وتغطى كل خريطة مساحة معينة بطول وعرض معينين .

وبمعرفة رقم الخريطة يمكن الاستدلال على مواقع الخريطة بالنسبة لأراضى الجمهورية والاحداثيات كلها موجبة وقد غطيت المناطق كلها بخرائط مختلفة المقياس والجدول الآتى يبين الخرائط المختلفة والمساحة المغطاه بكل خريطة (أبعاد الخريطة ٦٠ سم × ٤٠ سم لجميع المقاييس).

المقياس	طول المنطقة كم	عرض المنطقة كم
١ : ١٠٠٠٠٠	٦٠	٤٠ (طبوغرافية)
١ : ٢٥٠٠٠	١٥	١٠ (طبوغرافية)
١ : ٢٥٠٠	١ر٥	١ فك الزمام (زراعية)
١ : ١٠٠٠	٠ر٦٠	٠ر٤٠ (تفريد مدن صغيرة)
١ : ٥٠٠	٠ر٣٠	٠ر٢٠ (تفريد مدن كبيرة)

وفيما يلى خرائط الكيلو متر بمقاييسها المختلفة :

الخرائط الطبوغرافية ١ : ٩٠٠٫٠٠٠

تبين هذه الخرائط تفاصيل وطبوغرافية منطقة طولها ٦٠ كم شرقاً وغرباً وعرضها ٤٠ كم شمالا وجنوبا ورقم أي لوحة منها عبارة عن كسر إعتيـــادى (بسطه) هو الاحداثى الأفقى لهـــذا الركن (بعشرات الكيلو مترات) (ومقامة) هو الإحداثى الأفقى لهذا الركـن (بعشرات الكيومترات) أيضاً

فاللوحة $\frac{٢٤}{٣٦}$ معناها أنها اللوحة التى يبعد ركنها الأسفل إلى اليسار عن المحور الأفقى مسافة ٢٤٠ كيلو متر وعن المحور الرسى ٣٦٠ كيلو متر .

مثال :

ماهى الخرائط المجاورة للخريطة ١ : ١٠٠٫٠٠٠ رقم $\frac{١٨}{٢٤}$.

الحـل

الخريطة العليا رقم $\frac{٢٢}{٣٤}$	الخريطة السفلى رقم $\frac{١٤}{٢٤}$
الخريطة اليسرى رقم $\frac{١٨}{٢٨}$	الخريطة اليمنى رقم $\frac{١٨}{٣٠}$

الخرائط الطبوغرافية ١ : ٢٥٫٠٠٠

هذه الخرائط تبين تفاصيل وطبوغرافيـة منطقة طولها ١٥ كم شرقا وغربا وعرضها ١٠ كم شمالا وجنوبا ويبين رقم أى لوحة منها على هيئه كسر إعتيادى

(بسطه) الإحداثى الرأسى للركن الجنوبى للوحة (بعشرات الكيلومترات)

و(المقام) الإحداثى الأفقى لهـذا الركن (بالكيلومترات) فاللوحة

$\frac{٨٠}{٣٠٠}$ معناها أنها اللوحة التى يبعد ركنها الأسفل إلى اليسار عن المحور

الأفقى ٨٠٠ كيلومتر وعن المحور الرأسى ٣٠٠ كيلو متر .

$\frac{٨١}{٢٨٥}$	$\frac{٨١}{٣٠٠}$	$\frac{٨١}{٣١٥}$
$\frac{٨٠}{٢٨٥}$	$\frac{٨٠}{٣٠٠}$	$\frac{٨٠}{٣١٥}$
$\frac{٧٩}{٢٨٥}$	$\frac{٧٩}{٣٠٠}$	$\frac{٧٩}{٣١٥}$

شكل (٥٢) دليل الخريطة $\frac{٨٠}{٣٠٠}$

ولا تكتب أرقام اللوحة المجاورة حول الخريطة بل توضع فى دليل أسفل الخريطة والدليل عبارة عن الثمانى لوحات المجاورة للوحة الأصلية .

ونلاحظ أن الفرق فى البسيط هو الوحدة دائماوالوحدة هنا بعشرات الكيلو مترات بينما المقام فالفرق فيه هو ١٥ أى ١٥ كيلو متر وهو طول اللوحة وشكل

(٥٢) يبين دليل الخريطة ١ : ٢٥٠٠٠ رقم $\frac{٨٠}{٣٠٠}$

وشكل (٥٣) يبين اللوحة $\frac{٩٨}{٦٣٠}$ الطبوغرافية وكذلك الخرائط الثمانية المحيطة بها فى الدليل .

٩٩	٩٩	٩٩
٦١٥	٦٣٠	٦٤٥
٩٨	٩٨	٩٨
٦١٥	٦٣٠	٦٤٥
٩٧	٩٧	٩٧
٦١٥	٦٣٠	٦٤٥

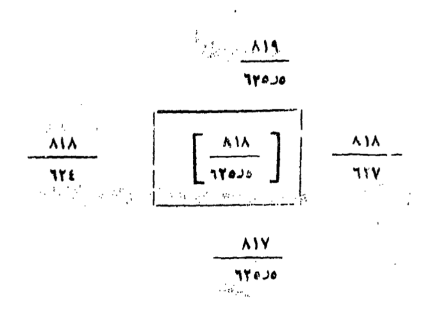
لوحه ٩٨ / ٦٣٠

الدليل

شكل (٥٢) دليل الخريطة ٩٨ / ٦٣٠

الخرائط الزراعية ١ : ٢٥٠٠ (فك الزمام)

وهذه الخرائط الزراعية وهى خرائط فك الزمام تبين تفاصيل منطقة طولها ١٫٥ كم شرقا وغربا وعرضها ١ كم شمالا وجنوبا وبذا فإن لوحة ١ : ٢٥٠٠٠ تحتوى على ١٠٠ لوحة زراعية وتعطى كل لوحه ترقيم معين يكتب فى الركن العلوى الأيمن منها ورقم اللوحه عبارة عن كسر بسطه وهو بعد حافه اللوحه الجنوبية على المحور الأفقى ومقامه هو بعد حافتها الغربيه عن المحور الرأسى فمثلا اللوحه ٨١٨ / ٦٢٥٫٥ تدل على أن حافه اللوحة السفلى تبعد عن الدر بمقدار ٨١٨ كيلو متر بينما تبعد حافتها اليسرى عن السلوم بمقدار ٦٣٥٫٥ كم ولتسهيل إيجاد اللوحه تكتب اللوح الأربع المحيطه بها شكل (٥٤) .



شكل (٥٤) خريطة زراعية رقم $\frac{٨١٨}{٦٢٥ر٥}$

خرائط تفريد المدن ١ : ١٠٠٠

هى فى الواقع خرائط تفصيلية ونظامها كنظام ١ : ٢٥٠٠ تماما غير أن طول اللوحة هو ٦ر٠ كيلو متر وارتفاعها ٤ر٠ كيلومتر . ورقم اللوحة عبارة عن كسر بسطه هو بعد حافة اللوحة الجنوبية عن المحور الأفقى ومقامه هو بعد حافة الغربية عن المحور فمثلا اللوحة رقم $\frac{٧٨}{٤٨ر٦}$ الحد السفلى لها يبعد عن الحد مسافة ٨٧ كيلو مترا بينما تبعد حافتها اليسرى عن العلوم بمقدار ٤٨ر٦ كيلومترا . وتكتب اللوح الأربعة المحيطة بهذه اللوحة عليها وذلك لتسهيل إيجاد للوح المجاورة .

خرائط تفريد المدن ١ : ٥٠٠

ونظامها كخرائط التفريد ١ : ١٠٠٠ تماما غير أن طولها ٣ر٠ كيلو متر وعرضها ٢ر٠ كيلومتر .

أمثلة محلولة

مثال ١ :

ماهى الخرائط الأربعة المحيطة باللوحة ١ : ٥٠٠ رقم $\frac{٤ر٥٦}{٢٤}$ ؟

الحل

الخريطة العليا رقم $\frac{٦ر٥٦}{٢٤}$. الخريطة السفلى رقم $\frac{٢ر٥٦}{٢٤}$

الخريطة اليمنى رقم $\frac{٤ر٥٥}{٧ر٢٣}$ الخريطة اليمنى رقم $\frac{٤ر٤٦}{٣ر٢٤}$

مثال ٢ :

ماهى أحداثيات منتصف اللوحة ١ : ١٠٠٠ رقم $\frac{٢٨}{٤ر١٤}$ ؟

الحل

س = ٤ر١٤ + ٣ر٠ = ٧ر١٤ كم .

ص = ٢٨ + ٢ر٠ = ٢ر٢٨ كم .

مثال ٣ :

أوجد الخريطة المحيطة باللوحة $\frac{٦١٢}{٢٢٠٫٥}$ مقياس ١ : ٢٥٠٠

الحل

فى شكل (٥٥) مبين أرقام الخرائط المحيطة بالخريطة المذكورة .

$\frac{٦١٣}{٢٢٠٫٥}$

$\frac{٦١٢}{٢١٩}$ $\left(\frac{٦١٢}{٢٢٠٫٥}\right)$ $\frac{٦١٣}{٢٢٢}$

$\frac{٦١١}{٢٢٠٫٥}$

شكل (٥٥) خريطة زراعية $\frac{٦١١}{٢٢٠٫٥}$

مثال ٤ :

ماهى رقم الخريطة الزراعية ١ : ٥٠٠٠ الموجودة فى الركن الأيمن العلوى للخريطة الطبوغرافية ١ : ٢٥٠٠٠ رقم $\frac{٩٧}{٦٤٠}$

الحل

إحداثيات الخريطة الزراعية .

رأسى ٩٧٠ + ٩ = ٩٧٩ كم ، أفقى ٦٤٠ + ١٢٫٥ = ٦٥٢٫٥ كم

رقم اللوحة المطلوبة ١ : ٢٥٠٠ هى $\frac{٩٧٩}{٦٥٢٫٥}$

أحداثيات منتصف الطريق (١٣؛٧٥٠٠ مترا ، ٩٠٥٠٠٠ مترا)

مثال ٥ :

عند شق طريق من نقطة إلى أخرى وجد أن ابتداء الطريق يقع فى الركن الجنوبى الغربى للوحه ١ : ٢٥٠٠٠ برقم $\frac{٢٢}{٢٢}$ ونهاية الطريق فى اللوحة ١ : ٢٥٠٠٠ $\frac{١٧}{٢٢}$ عند ركنها الشمالى الشرقى . أوجد طول هذا الطريق .

الحــل

أحداثيات أول الطريق $\text{س}_{ا}$ ، $\text{ص}_{ا}$ = ١١ كم ، ٢٢ كم

أحداثيات نهاية الطريق $\text{س}_{ب}$ ، $\text{ص}_{ب}$ = ٥ر١٣ كم ، ١٨ كم

المسافة $= \sqrt{(\text{س}_{ا} - \text{س}_{ب})^{2} + (\text{ص}_{ا} - \text{ص}_{ب})^{2}}$

$= \sqrt{(11 - 13.5)^{2} + (22 - 18)^{2}}$

$= \sqrt{22.25} = 4.72$ كم

مثال ٦ :

ماهو دليل الخريطة الطبوغرافية ١ : ٢٥٠٠٠ رقم $\frac{٦٤}{٧٢}$ ـه وماهى المساحة التى يغطيها هذا الدليل ؟

الحــل

الدليل مبين فى شكل (٥٦)

مساحة الدليل = ٩ × ١٥ × ١٠ = ١٣٥٠ كم مربع

الدليل

٦٥	٦٥	٦٥
١٩٠	١٧٥	١٦٠
٦٤	٦٤	٦٤
١٩٠	١٧٥	١٦٠
٦٣	٦٣	٦٣
١٩٠	١٧٥	١٦٠

شكل (٦٥) دليـــل الخريطة $\left(\frac{٦٤}{١٧٥}\right)$

مثـال ٧

ماهى أرقام الخرائط الزراعية المحيطة باللوحة فك الزمام رقم $\frac{٤}{٥}\frac{٢}{٣}$

الحـل

ارقام اللوح ١ : ٢٥٠٠ هى

شمال $\frac{٢٥}{٣٠}$ شرق $\frac{٢٤}{٣١٫٥}$

جنوب $\frac{٢٣}{٣٠}$ غرب $\frac{٢٤}{٢٨٫٥}$

مثال ٨

خط ا ب ـ الرأس ا هى مركز الخريطة ١ : ٢٥٠٠٠ رقم $\frac{٨٤}{٧٦}$ والراس ب

هى مركز الخريطه ١ : ٢٥٠٠٠ رقم $\frac{٧٨٠}{٨٢}$ ـ ماهو رقم الخريطة مقياس

١ : ٥٠٠ التى تكون نقطة ء منتصف المسافة ا ب هى مركزها ؟

الحل

أحداثيات ا هى س ا = ٨٣ر٥ كم ، ص ا = ٨٤٥ كم

أحداثيات ب هى س ب = ٧٢ر٧٥ كم، ص ب = ٨٧٠ر٥ كم

$$\text{احداثيات ء هى س ء} = \frac{\text{ص ا} + \text{ص ب}}{٢} = \frac{٨٣ر٥ + ٧٢ر٧٥}{٢}$$

$$= ٧٨ر١٢٥$$

$$\text{ص ء} = \frac{\text{ص ا} + \text{ص ب}}{٢} = \frac{٨٤٥ + ٨٧٠ر٥}{٢} = ٨٥٧ر٧٥$$

رقم الخريطة ١ : ٥٠٠ التى ء مركزها هى $\frac{٨٥٧ر٧٥ - ٠ر١٠}{٧٨ر١٢٥ - ٠ر١٥}$

∴ رقم الخريطة $\frac{٨٥٧ر٦٥}{٧٧ر٩٨٥}$

مثال ٩ ·

ماهى أرقام اللوح الثمانية لمحيطة بالخريطة ٤ — ١ — ١ جنوب غرب ؟

الحل

١٣ ـ صفر ـ صفر ش . ق   ١٦ ـ ١ ـ صفر ش.غ ١٥ ـ ١ـ صفر ش . غ

١ ـ صفر ـ ١ ـ ح . ق   ٤ ـ ١ ـ ١ ح.ع   ٣ ـ ١ ـ ١ ح . غ

٥ ـ صفر ـ ١ ـ ح . ق   ٨ ـ ١ ـ ١ ح . غ   ٧ ـ ١ ـ ١ ح.ع

تمارين

١ — صمم مقياس شبكى فى خريطة تفريد مدن كبيرة يقرأ $\frac{1}{2}$ المتر .

٢ — ارسم مقياس خريطة زراعية يقرأ متران وبين عليه القراءة ٦٨ متر

٣ — ارسم مقياس شبكى ١ : ٤٠٠ يقرأ ٢ر. من القصبة — أستعمل هذا المقياس لرسم قطعة أرض رباعية الشكل ا ب = ٨ر١٢ قصبة ، ب حـ = ٢ر٨ قصبة حـ ء = ٦ر١٢ قصبة، ء ا = ٢ر١١ قصبة ، ء ب = ٢ر١٤ قصبة أستنتج طول القطر ا حـ .

٤ — ارسم مقياس تخطيطى ١ : ١٠٠٠ يقرأ ٥ر١ ذراع وبين عليه القراءة ٥ر١٣ ذراع .

٥ — صمم مقياس شبكى ١ : ٩٠٠ يقرأ إلى $\frac{1}{4}$ ٢ قصبة

٦ — المساحة الحقيقية لقطعة أرض هى ٨ر٦٥٧ فدان — فاذا كانت قطعة الأرض مرسومة فى خريطة ١ : ٢٠٠٠ وكانت قيمتها بعد الانكماش فى الخريطة ٩٠ سم^2 - عين معامل الانكماش لهذه الخريطة .

الجواب (معامل الانكماش = ٠٠٥ر٠)

٧ — قيس خط على خريطة مقياس ١ : ٢٥٠٠ فكان طوله = ٤٠ سم صار بعد الانكماش ٦ر٢٩ سم — فإذا عينت مساحة قطعة أرض عليها بعد الانكماش فكانت ٢ر٨٩ سم^2 — ما هى المساحة الفعلية بالفدان وكسوره ؟

٨ — لوحة مرسومة بمقياس ١ : ٥٠٠ انكمشت بحيث أن خطا طوله

٨ر٠٠ أصبع ٥٠ سم — وكانت مساحة قطعة أرض على هذه الخريطة ٢٤٨ سم٣ ماهى المساحة الصحيحة لقطعة الأرض بالأمتار المربعة ؟

الجواب (المساحة = ٢٣١٢٢ر٥٢ متر مربع)

٩— ماهى أرقام اللوح المحيطة باللوحة ١٢ — ٦ — ١ جنوب غرب ؟

١٠ — ما هو دليل الخريطة الطبوغرافية رقم $\frac{٦٢}{١٧٥}$ والمساحة التى يحويها

١١ — بين الخرائط المحيطة بخريطة $\frac{١٦}{٢٧ر٥}$ من خرائط فك الزمام — ماذا تكون الأرقام لهذه الخرائط لو كان هذا الرقم لخرائط تفريد مسدن ؟

١٢ — ما رقم الخريطة الزراعية ١ : ٢٥٠٠ الواقعة فى الطرف الشمالى الشرقى للخريطة الطبوغرافية ١ : ٢٥٠٠٠ رقم $\frac{٨٤}{٢٧٥}$

١٣ — فى خريطة زراعية رقم $\frac{١١٢}{٢٢٢}$ عينت نقطة و داخلها تبعد عن الحافة العليا ٤٠٠ متراً — والحافة اليمنى بمقدار ٢٠٠ متر — النقطة حو تحدد أول طريق وتبعد عن الحافة اليسرى للخريطة مسافة ٥٠٠ متر والإنحراف الدائرى للخط و حو هو ٢١٠° — عين طول الطريق ا حو وإحداثيات نقطة حو.

١٤ — ماهى أرقام الخرائط الأربعة المحيطة بالخرائط الآتية :

ا) الخريطة ٣ — ١ حو ق   ب) ١ — صفر — ١ حو ق

حـ) الخريطة $\frac{١٢}{٧}$ من خرائط فك الزمام وتفريد المدن .

ء) الخريطة ١٣ - ١ - صفر شمال شرق .

هـ) الخريطة $\frac{٥١٢}{٤١٦}$ و) الخريطة ١ : ٢٥٠٠٠ $\frac{٩٢}{٨٥٠}$

١٥ — كانت رؤوس قطعة أرض ا ب حـ ء موجودة فى الخرائط الآتية :

ا - هى مركز الربع الشمالى الشرقى للخريطة ١ : ٢٥٠٠٠ رقم $\frac{٩}{٧٢}$

ب - هى مركز الخريطة ١ : ١٠٠٠ رقم $\frac{٧٨}{٧٤}$

حـ - هى مركز الربع الشمالى الغربى للخريطة ١ : ١٠٠٫٠٠٠ رقم $\frac{٦}{١٠}$

ء - هى الركن الجنوبى الشرقى للخريطة ١ : ٥٠٠ رقم $\frac{٨٥}{٨٧}$

عين إحداثيات هذه القطعة . ثم عين مساحتها إلى أقرب فدان .

١٦ — طريق يبدأ من الركن الجنوبى الغربى للوحة الطبوغرافية ١ : ٢٥٠٠٠ رقم $\frac{٨٤}{١٢٠٠}$ ونهايته فى اللوحة الطبوغرافية رقم $\frac{٩٦}{١٥٠٠}$ عند ركنهـا الشمالى الشرقى . عين طول وإحداثيات منتصف هذا الطريق .

الجواب (س = ١٣٥٧٫٥ كم، ص = ٩٠٥ كم)

١٧ — طريق مستقيم ا ب النقطة م واقعة فى الوحة ١ : ١٠٠،٠٠٠ رقم $\frac{٢٨}{٦٤}$ بحيث تبعد عن الحافة العليا للوحة بمقدار ١٠ سم وعن الحافة اليمنى لها بمقدار ١٥ سم والنقطة ب فى الركن الشمالى الغربى الوحة ١ : ٢٥٠٠ رقم $\frac{٣١٢}{٦٠٦}$ - عين رقم اللوحة مقياس ١ : ٢٥،٠٠٠ التى تقع فيها نقطة منتصف الخط ا ب وتكون فى مركز الربع الجنوبى الشرقى لها.

الباب الرابع
المساحة باللوحة المستوية
البلانشيطة

يطلق إسم اللوحة المستوية أو البلانشيطه على عـدة أدوات مساحية تستخدم فى مجموعها فى عمليات رفع الخرائط التفصيلية والطبوغرافية رفعـا سريعـا سهلا ولـكنه ليس دقيقا وتعرف طريقة الرفع هـذه باسم « المساحة باللوحة المستوية » وأحيانا يطلق عليها «الرفع بالبلانشيطة» (Plane sheet)

استعملات اللوحة المستوية

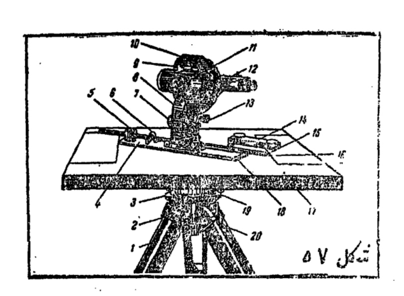
يمكن باللوحة المستوية رفع الحـــدود والتفاصيل والمضلعات مباشرة من الطبيعة ومن ثم إنشاء الخرائط التفصيلية من واقع عمل الغيط ، وبدون أية حسابات . وكذلك عمل الخرائط الكنتورية .

الأدوات المستعمله فى اللوحة المستوية : (شكل ٥٧)

١ ــ اللوحة الخشبية

وهى عبارة عن لوحة مصنـوعة من الخشب الجيـد المتين مستوية السطح ، وهى إما مربعة أو مستطيلة الشكل (١٧) تتراوح أبعادها بين ٤٠×٥٠ سنتيمتر و٦٠ × ٨٠ سنتيمتر . ويتصل سطحها السفلى بقاعدة معدنية (١٩) بهـــا ثلاث مسامير للتسوية (٣) والغرض من القاعدة تثبيت اللوحة فى الحامل (٢)

وهى عبارة عن لوحين معدنيين مثلثين وبينها مسامير التسوية الثلاث لجعل اللوحة أفقية . ويتصل مسمار حلزونى (١) بالقاعدة المعدنية لتثبيتها فى حامل ذو ثلاث شعب (٢٠) .



شكل ٥٧

٢ ـ الحامل

وهو حامل خشبى ذو ثلاث شعب (٢٠ ـ شكل ٥٧) كل شعبة منها تنتهى بطرف مدبب ليسهل غرسها فى الأرض ويربط رأس الحامل فى القاعدة الموجودة أسفل اللوحة الخشبية حتى لا تحدث حركة دوران اللوحة أثناء العمل .

٣ ـ الأليداد :

أليداد البلانشيطة من أهم الأدوات المستعملة فى طريقة عمل المساحة باللوحة المستوية وأنواعه كثيرة والعمل الرئيسى للأليداد هو تعيين الإتجاهات الأساسية الموصلة بين النقط المرصودة وبين موضع اللوحة المستوية مباشرة ، وكذلك

تحديد المسافات بين النقط المرصودة ،وضع اللوحة وراجع القياس التاكيومترى بهذا المؤلف » .

انواع الأليداد :

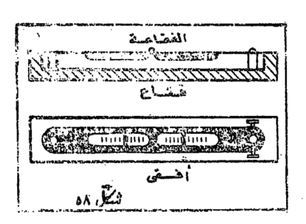
(ا) أبسط أنواع الأليداد عبارة عن مسطرة حرفاها مستقيمان وأحداهما مشطوف ويتصل بهـــذه المسطرة إتصالا مفصليا عن عند طرفيهـــا ذراعان بأحداهما شرخ رأسى والآخر شباك يتوسطه شعرة رأسية - ويستعمل الذراعان فى التوجيه الأساسى حيث يمكن تمثيل ورسم الخط الواصل بين موضع اللوحة وبين الهدف . ويستعمل هذا النـوع البسيط - ويطلق عليه مسطـرة التوجيـه فى المسافات القـريبة .

(ب) غالبا ما تكون المسافات بين الأهداف وموضع اللوحة كبيرة جـــدا وحينئذ يفضل إستعمال الأليداد الحديث أو ذو المنظار - وهو عبارة عن مسطرة من الصلب أو النحاس (٤ - شكل ٥٧) مركب عليها قائم عمـــودى (٨) وفى إعلاه منظار مساحى (١٢) يدر حول محور أفقى فى المستوى الرأسى - والمنظار مركب بحيث إذا كانت مسطرة الأليداد أفقية تماما فان خط النظر يرسم مستوى رأسى يقطع اللوحة عند حافة هذه المسطرة (٦) ويوجد أحيانا على قاعدة القائم الرأسى للاليداد ميزان تسوية دائرى (٥) .

٤ - ميزان التسوية:

وهو أما مستطيل فى أغلب أحواله أو مستدير الشكل . وميزان التسوية الطولى يتركب من أنبوبة زجاجية بها كحول سائل وقفاعه من بخار الأثير وتوضع عادة داخل صندوق من النحاس قاعدته مسطحة تماما شكل (٥٨) فإذا وضع الميزان

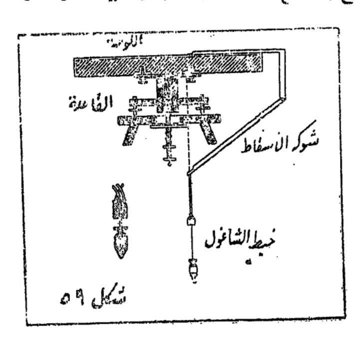
على سطح أفقى ثبتت الفقاعة فى منتصف الأنبوبة — وإذا وضع ميزان التسوية على سطح مائل اتجهت الفقاعة نحو الطرف الأعلى من الأنبوبة.



شكل ٥٨

٥ ـ شوكة الاسقاط :

عبارة عن إطار معدنى رفيع له ثلاثة أضلاع متصلة ، أثنان منها متعامدان ويميل الثالث بزاوية أكبر من القائمة قليلا شكل(٥٩)-وينتهى أحد الأضلاع بسن رفيع يبين موقع النقطة المطلوب رفعها من الطبيعة إلى لوحة الرسم أو



شكل ٥٩

النقطة المطلوب إسقاطها من اللوحة إلى الأرض وينتهى الطرف الآخر بانحناء دائرى لتعليق خيط التسامت منه . يجب أن يكون سن النقل مع سن الشوكة المدبب فى خط رأسى واحد . ويعلق أسفل شوكة الاسقاط خيط وثقل شاغول لإتمام عملية التسامت كما فى شكل (٥٩) .

٦ - **بوصلة التوجيه .**

تتركب بوصلة التوجيه من صندوق مستطيل الشكل (١٤ — شكل ٥٧) سطحه العلوى من الزجاج وبواسطة محور رأسى مدبب ترتكز عليه إبرة مغنطيسية وتحت طرفى الإبرة قوسان مدرجان صفر التدريج فى كليهما فى المنتصف — بحيث أن الخط الواصل بين صفرى التدريج يمر بمركز دوران الإبرة ويوازى طول الصندوق — وتوجد أحياناً أسفل الإبرة رافعة تستعمل لوقف حركة الإبرة .

والغرض الأساسى من البوصلة هو تحديد إتجاه الشمال المغناطيسى على اللوحة المرسومة — وعند إستعمال البوصلة لتحديد الشمال نحركها فوق اللوحة حتى تحصل على الوضع الذى يقف فيه سن الإبرة عند صفر المقياس — فيكون إتجاه جانب عليه البوصلة هو إتجاه الشمال المغناطيسى.

شروط الضبط للادوات المستعملة فى اللوحة المستوية

تنقسم هذه الشروط إلى نوعين:

اولا - شروط الضبط الدائم .وهى الشروط الواجب توافرها فى اللوحة المستوية ، ومن الواجب إختبار صحتها على فترات من الوقت .

ثانيا - شروط الضبط المؤقت . وهى الشروط يجب توافرها عند إستعمال اللوحة المستوية — وتتم فى كل مرة تستعمل فيها للرصد

اولا – شروط الضبط الدائم

الخطوات اللازمة لتحقيق شروط الضبط الدائم فى اللوحة المستوية هى :

١ – استقامة حافة مسطرة الاليداد .

نرسم بواسطة حافة الأليداد خطا مستقيما ثم نعكس وضع الأليداد ١٨٠° . ونطبق حافة الاليداد على نهايتى الخط المرسوم — فاذا انطبقت حافة الأليداد جميعها على الخط دل ذلك على استقامة حافة المسطرة وإلا فتصلح الحـــافة — وتعاد التجربة .

٢ – ضبط حامل الشعرات فى منظار الاليداد .

ويتم ذلك على خطوتين :

الأولى وهى جعل الشعرة الرأسية لحامـــل شعرات الأليداد فى وضع رأسى تماما .

والثانية وهى جعل خط النظر عمودياً على المحور الأفقى لدوران المنظار .

١ – جعل الشعرة الراسية فى وضع رأسى:

بعد إجراء ضبط الأفقية فى اللوحة المستوية يوضع فوقها الأليداد ويوجه المنظار نحو نقطة ثابتة بحيث يجعل هذه النقطة عند الطرف الأعلى للشعرة الرأسية وباستعمال مسمار الحركة البطيئة الرأسية (١٢ — شكل ٥٧) نحرك منظار الأليداد فى المستوى الرأسى — فإذا ظهرت النقطة المرصودة تسير بإستمرار على الشعرة الرأسية كان حامل الشعرات مضبوطا — أما إذا بعدت النقطة عن الشعرة الرأسية كان حامل الشعرات فى وضع غير صحيح — ولذا تفك المسامير المثبتة لحامل الشعرات ويدار إلى الجهة التى تظهر فيها النقطة المرصودة — ويكرر العمل حتى تنضبط الشعرة الرأسية تماماً .

ب — جعل خط النظر عموديا على المحور الافقى لدوران منظار الأليداد .

يعرف خط النظر بأنه الخط الواصل بين نقطة تقـــاطع الشعرتين الأفقية والرأسية ومركز العدسة الشيئية فى المنظار — والمطلوب هو تحقيق تعامد هذا الخط مع المحور الأفقى لدوران المنظار ، لذلك يعلق خيط شاغول فى حائط (يغمر الشاغول فى إناء به مـــاء لثباته) ، تضبط اللوحة المستوية أفقية وعلى بعد مناسب من خيط الشاغول يوضع الأليداد فوق اللوحة ويوجه منظاره إلى أعلى الخيط وبواسطة مسار الحركة البطيئة وتحرك المنظار من أعلا إلى أسفل فإذا تحركت نقطة تقاطع الشعرات على الخيط حتى تصل إلى أفق الجهاز كان هذا الشرط صحيحا . أما إذا إبتعدت نقطة تقاطع الشعرات عن الخيط فذلك يدل على أن المستوى الرأسى الذى يتحرك فيه خط النظر لا يكون متعامدا مع المحور الافقى لدوران المنظار .

وللتصحيح تحرك الشعرة الرأسية موازية لنفسها بإستعمال المسامير الأفقيين المثبتين لحامل الشعرات مع ملاحظة عدم إدارة هذا الحامل بحيث تقترب نقطة تقاطع الشعرتين من الخيط حتى تصل إلى منتصف المسافة بينهما — ونكرر العمل للتأكيد .

٣ — ضبط حافة المسطرة مع المستوى الرأسى لدوران خط النظر

بعد إتمام أفقية اللوحة المستوية بوضع شاخص على بعد مناسب منها ، ثم يرصد هذا الشاخص بواسطة منظار الإليداد بضبط تقاطع الشعرتين علية ، وبدون تحريك الأليداد يرصد الشاخص مرة أخرى على إمتداد حافه المسطرة فإذا ظهر الشاخص على إستقامة حافة المسطرة كان الجهاز صحيحا — وإلا فيجب تصحيحه بالطريق المناسب حسب تصميم الجهاز .

ثانيا – شروط الضبط المؤقت للوحة المستويه

وهو ما يجب إجراؤه عند إستعمال اللوحة المستوية للرفع ويشمل :

ا — أفقية اللوحة المستوية .   ب — التسامت

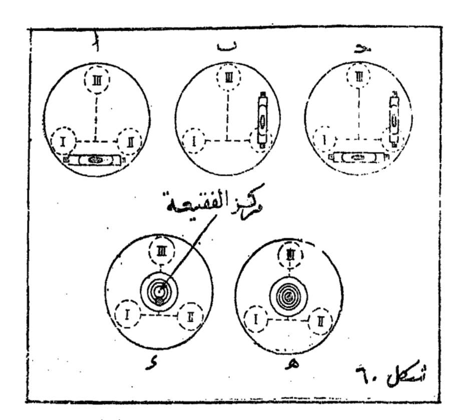
ا – أفقية اللوحة المستوية .

تثبت أرجل الحامل جيدا مع جعل اللوحة المستوية أفقية تقريبية — ويوضع ميزان التسوية موازيا لمسمارين من مسامير التسوية فى القاعدة شكل (٦٠) وندير المسمارين (I) + (II) معاً إلى الداخل وإلى الخارج حتى تصير الفقيعة فى المنتصف (ا) .

وندير بعد ذلك ميزان التسوية حتى يأخذ الوضع الثانى متعامـداً على الوضع الأول (ب) ونحرك مسمار التسوية الثالث (III) حتى تصير الفقيعة فى المنتصف وتكرر العملية مرة أخرى للتأكد بحيث نحصل دائمـاً على الفقيعة مضبوطة فى المنتصف تماماً فى أى إتجاهين متعامدين (هـ) أما إذا كان ميزان التسوية من النوع الدائرى فنجعل الفقيعة أولا فى منتصف المسافة بين المسارين (I)، (II) شكل (٦٠ — ء) وبعد ذلك نحرك المسمار الثالث (III) حتى تصير الفقيعة مركز الدائرى تماماً (هـ) وذلك بدون تحريك ميزان التسوية الدائرى .

ب – التسامت .

معنى التسامت أن تكون النقطة المعينة على اللوحة مسامتة تمـامـاً للنقطة النظيرة الموجودة فى الطبيعة — وبإستعمال شوكة الإسقاط شكل (٥٩) تتم



عملية التسامت فنحرك شوكة الإسقاط حتى نجعل سن الثقل يحدد موقع النقطة المثبتة بوتد مثلا — فيحدد سن الشوكة المدبب فوق اللوحة موقع هذه النقطة على الخريطة — ونضغط بسن القلم أو بدبوس مكان طرف الشوكة فنتعين على الخريطة النقطة المقابلة لمركز الوتد فى الطبيعة .

جـ — التوجيه الأساسى

وهو عبارة عن توجيه اللوحة المستوية بحيث تكون الخطوط فى الطبيعة موازية لنظائرها فى اللوحة الورق — وسيشرح التوجيه الأساسى بالتفصيل عند تناول طرق الرفع المختلفة .

طرق الرفع باللوحة المستوية

هناك أربع طرق مستعملة للرفع بإستخدام اللوحه المستوية - وقد تختلف هذه الطرق من حيث إختيارها على :

ا - طبيعية وطبوغرافية الأرض المراد رفعها .

ب - ظروف العمل وإمكان إستخدام أيا من هذه الطرق إذ أن لكل طريقة شروطها معينة ومقياس الرسم المطلوب ونوع الخريطة .

وهذه الطرق هى :

١ - طريقة الإشعاع (الثبات) ٢ - طريقة التقاطع الامامى
٣ - طريقة التقاطع العكسى ٤ - طريقة الدوران (الترافرس)

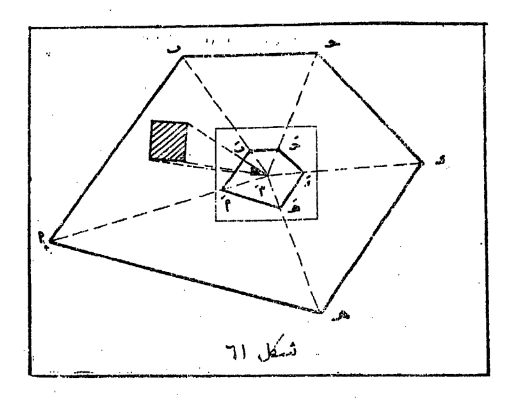
١ - طريقة الاشعاع -(الثبات)

ويشترط فيها إمكان رؤية جميع نقط المضلع من نقطة واحـــدة - وكذلك إمكان قياس الأطوال بين نقط المضلع وهذه النقطة بدون وجود عقبات .

فإذا كان لدينا المضلع ا ب حـ ء هـ شكل (٦١) وأنه فى إمكاننا رؤية نقط المضلع جميعها من نقطة مثل م والارض مستوية تقريبا دون عقبات - فلرفع المضلع المذكور تتبع الخطوات التالية :

١ - نضع اللوحة المستوية فوق النقطة م - وتضبط أفقيا وبواسطة شوكة الاسقاط نعين مَ فى اللوحة مناظرة تماما للنقطـــة م . أى تضبط اللوحة ضبطا مؤقتا عند النقطة م .

٢ - تربط اللوحة ومن مَ ترسم أشعة إلى نقط المضلع ا ، ب ، حـ ، ء ، هـ



شكل ٦١

بعد التوجيه عليها توجيها أساسيا ثم تقاس الأطوال الأفقية للخطوط م ا ، م ب ، م حـ ، م ء ، م هـ فى الطبيعة بالشريط (وقد تقاس بالقياس التاكيومترى)

٣ ـ بمقياس الرسم المناسب توقع أطوالها على اللوحة فتتعين بذلك النقط ا َ ، ب َ ، حـ َ ، ء َ ، هـ َ .

٤ ـ اصل هذه النقط بعضها البعض على التوالى لينتج المضلع .

وتمتاز هذه الطريقة بأن الراصد لا يحتاج إلى نقل اللوحة المستوية من مكان لآخر ، وأن كان يعيبها عدم التحقيق وبالتالى عدم الدقة .

٢ ـ طريقه التقاطع الامامى

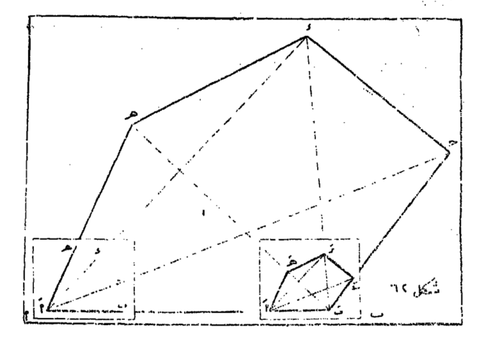
يشترط فى هذه الطريقة إمكان رؤية جميع نقط المضلع من نقطتين سواء

كانت هاتين النقتين من نقط المضلع أو خلافها . ويعرف الخط الواصل بين النقطتين فى هذه الطريقة بخط القاعدة .

فإذا كان لدينا المضلع المقفل ا ب حـ ء هـ ، شكل (٦٢) وأنه أمكننا رؤية نقط المضلع جميعها من كل النقطتين ا ب فإننا نتبع الآتى لاتمام عملية الرفع :

١) نضع اللوحة فوق ا وتعين اً فى الورقة بحيث تأخذ اللوحة وضعا مناسبا لاشكل بالطبيعة وتربط اللوحة الخشبية ، من اً نرسم الأشعة بواسطة الأليداد إلى النقط ب ، حـ ، ء ، هـ فى الطبيعة .

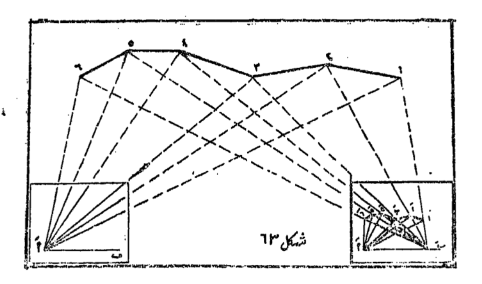
٢) يقاس خط القاعدة ا ب بدقـــة تامة ثم يوقع طول للقاعدة ا ب على اللوحة الورق فتتعين النقطة بً المناظرة للنقطة ب فى الطبيعة شكل (٦٢) .



٣) تنقل اللوحة المستوية إلى النقطة ب (الطرف الآخر من خط القاعدة) بحيث تتم الاشتراطات المؤقته للقياس وهى أفقية اللوحه - تسامت النقطه بَ المعينة على اللوحة تماما للنقطة - الموجودة فى الطبيعة - التوجيه الأساسى للوحة بحيث يكون الشعاع اَ بَ الموقع على اللوحة فى مستوى رأسى واحد مع ا ب (القاعدة) الموجودة فى الطبيعة وفى هذه الحالة تكون اللوحة موجهة توجيها أســاسيا .

٤ - تربط اللوحـــة وترسم من ب الاشعة الاولى المرسومة من اَ وتعين مواضع حـَ ، ءَ هـَ على اللوحة .

٥ - نوصل النقط اَ ، بَ ، حـَ ، ءَ ، هـَ ببعضها فينتج المضلع المطلوب ومن الممكن الإستفادة من طريق التقاطـع الامامى فى تعيين الحـــدود ورفعها من الطبيعة مباشرة دون الحاجة إلى إقامة المضلعات التى تحصر المناطق المـــراد رفعها . وفى شكل (٦٣) يوضح عملية رفع الحد المتكسر ١ - ١ بإستخدام هذه الطريقه وفى هذه الحالة لدينا ا ب هو خط القاعدة وهو الخط الوحيد الذى يجب قياسه وتحديد طوله بدقه تامه .



شكل ٦٣

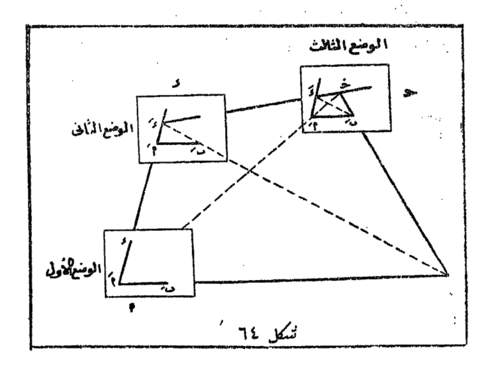
٣- طريقة العكسي التقاطع

تشبه هـذه الطريقة ـ الطريقة السابقة (طريقةالتقاطع الأمامى) ـ غير أن الفرق بينهما هو أنه فى طريقة التقاطع العكسى يتم تقاطع الشعاعـــين فى النقطة الموضوعة فيها المستوية .

وأهم مميزات هذه الطريقة هو الإستغناء عن قياس أغلب خطـــوط المضلع ويمـكن . كذلك تحقيق العمل بها فى الغيط مباشرة .

فإذا كان المضلع ا ب حـ ى هو الشكل المراد رفعه بهذه الطريقة شكل (٦٤) فيتبع الآتى لإتمام عملية الرفع :

١ — توضع اللوحة المستويةفى النقطة ا تماما وبعد ضبط الأفقية وإتمـــام التسامت تعين اَ فى اللوحة الورق وتربط بعد ذلك اللوحـــة ويرسم من اَ



شكل ٦٤

شعاعان إلى ﺻ ، ء ثم يقاس ا ب فى الطبيعة ويوقع طوله على الشعاع المناظر له على اللوحة فتتعين بَ .

٢ — تنقل اللوحة المستوية وتثبت فوق ء مراعين أفقية اللوحة وتسامت أى نقطة من الخط الشعاع اَ ءَ للنقطة ء فى الطبيعة بحيث يكون بعد هذه النقطة عن اَ باللوحة الورق مساويا بمقياس الرسم المستعمل للطول ا ء فى الطبيعة تقريبا . ويشترط أن يكون الشعاع ءَ اَ باللوحة الورق منطبقا على نظيره ء ا فى الطبيعة كما فى شكل (٦٤) .

٣ — تربط اللوحة وتثبت دبوسا فى نقطة بَ وتنظر بالاليداد مع ملامسة مسطرته للدبوس تماما ودائما إلى النقطة ب فى الطبيعة وترسم ب بَ حتى يقابل الشعاع اَ ء فى ءَ لكن هى النقطة المناظرة للنقطة ء فى الطبيعة .

٤ — تثبت دبوس ءَ وبنفس الطريقة نرسم المستقيم ءَ ﺣ — وتنقل اللوحة المستوية وتثبت فوق ﺣ مراعين الشروط المؤقتة اللوحة المستوية ومن بَ نرصد ب فى الطبيعة ونرسم إمتداد ب بَ ليقابل الشعاع ءَ ﺣ فى نقطة ﺣَ لتكون مناظرة فى اللوحة الورق للنقطة .

ويمكن التحقيق من صحة العمل بتثبيت دبوسا فى اَ واللوحة المستوية فى وضعها الأخير فوق ﺣ ونرصد نقطة ا فى الطبيعة فإذا مر إمتداد ا اَ بالنقطة ﺳَ كان العمل صحيحا وإلا فيعاد العمل ثانية .

٤ — طريقة الدوران (الترافرس)

تعتبر طريقة الدوران (الترافرس) أحسن طرق الرفع المضلعات باللوحة المستوية وتستخدم فى رفع الخرائط التفصيلية ذات المقاييس الكبيرة .

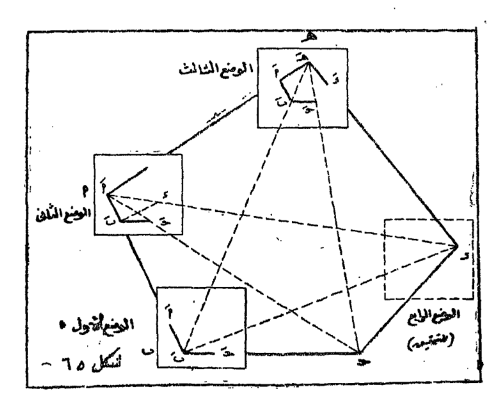
ويشترط فى هذه الطريقة إمكان رؤية كل نقطة من النقط التى تلحقها والأخرى التى تسبقها — كما يشترط للحصول على الدقة المطلوبة قياس أطوال جميع خطوط المضلع بدقة تامة والعناية بعملية التوجيه الأساسى .

ويمكن تلخيص خطوات العمل بهذه الطريقة فيما يأتى :

١ — قياس أطوال المضلع بدقة كافية .

٢ — توضع اللوحة المستوية فوق أى نقطة من نقط المضلع مثل ب وتعين بَ على اللوحة الورق مراعين شروط الضبط المؤقت وتربط اللوحة جيداً شكل (٦٥) .

٣ — تضع حرف الأليداد على بَ وارصد ا فى الطبيعة وأوقع بَ اَ على



شكل ٦٥ —

اللوحة الورق بمقياس الرسم المستعمل فتحدد ا ً ، وتعين نقطة هـ بنفس الطريقة . ثم ترسم أشعة لأى نقطة أخرى مثل هـ ، و لإستعمالها فى تحقيق العمل .

٤ — تنقل اللوحة المستوية إلى النقطة التالية من نقط المضلع ا وترفع النقطة ا وتجرى عملية التوجيه الأساسى ليكون ا ب فى الخريطة موازيا لنظيره فى الطبيعة وكذلك ا ً و ً على اللوحة الورق موازيا نظيره فى الطبيعة وبعد ذلك ترسم شعاعا إلى هـ وتوقع هـ ً بقياس الطول ا هـ .

٥ — للتحقق ترسم شعاعا إلى و وآخر إلى حـ ، ويجب أن يمر الشعاع إلى حـ بنقطة حـ ً السابق توقيعها من ب أما تقاطع الشعاعين من ا ، ب إلى و فيعين مكان و ً .

ويلاحظ أن أهم عيوب هذه الطريقة أنها أكثر جهدا من الطرق الثلاثة الأخرى حيث أننا نكرر فى كل مرة وفى كل نقطة عملية التوجيه الأساسى والتسامت الأفقية .

مزايا الرفع باللوحة المستوية

١ — فى اللوحة المستوية نحصل على جميع المعلومات اللازمة والتفاصيل لرفع ورسم الخرائط للمنطقة المرفوعة من الغيط مباشرة دون اللجوء إلى حسابات .

٢ — يمكن إجراء عمليات التحقيق مباشرة بمقارنة القياسات المأخوذة فى الطبيعة بما يقابلها على الخريطة كما يستغنى فيها عن قياس الزوايا .

٣ — تعتبر هذه الطريقة من أسرع طرق الرفع فى الإستعمالات المختلفة فمثلا

للخرائط ذات المقاييس الكبيرة (١ : ٥٠٠ ، ١ : ١٠٠٠) تستعمل طريقة الترافرس فنحصل على الخريطة بدقة كافية . والخرائط ذات المقاييس الصغيرة نسبيا (١ : ٢٥٠٠ ، ١ : ١٠٠٠٠) تستعمل طريقة التقاطع الأمامى لسهولتها وسرعتها .

عيوب الرفع باللوحة المستوية

١ — لا تستعمل فى مناطق الغابات والأراضى ذات الطبوغرافية الشديدة .

٢ — لا يمكن الرفع باللوحه المستوية فى الأجواء الممطرة والرطبة لذلك يقل إستخدام اللوحة المستوية فى معظم بلدان أوربا .

٣ — ثقل الأدوات المستعملة وعيوبها الآلية الكثيرة تحد من إستعمال الرفع باللوحة المستوية فى الأعمال المساحية التى تتطلب دقة عالية .

مصادر الأخطاء فى الرفع اللوحة المستوية

١ — إنكماش اللوحة الورق وما ينتج عنه من أخطاء فى القياسات من اللوح مباشرة (راجع إنكماش الخرائط فى باب الخرائط المساحية) .

٢ — عيوب الدقة فى قياس وتوقيع الأبعاد على الخريطة .

الباب الخامس
حساب المساحات وتقسيم الأراضي

حساب المساحات

يعتبر حساب المسطحات وتقدير المساحات من الأعمال الهامة فى شتى المجالات الهندسية ، حيث يحتاج فى كثير من المشاريع الهندسية وغيرها إلى إيجاد المسطحات سواء من الخرائط أو من الطبيعة وتقديرها مع مراعاة أن المساحات التى نتعامل بها هى المسقط الأفقى وليست المساحات الحقيقية لأننا نعين دائمـــا المسافات الأفقية وليست المائلة ، وتتوقف عوامل دقة نتائج المساحات ومطابقتها للطبيعة على دقة القياس فى الطبيعة ، سواء أكانت هذه القياسات زوايا أو أطـــوال ، وكذلك دقة توقيع الرسم والطريقة المتبعة فى حساب المسطح .

مصادر تقدير المساحات

يوجد مصدران أساسيان لتقدير المساحات وهما :

ا – من الخرائط : وهى الأكثر إستعمالا لأنها أسهل وبالرغم من أنه قد تكون بها أخطاء رسم .

ب – من الطبيعة : وهى من أدق الطرق لعدم وجود أى أخطاء بها وعلى الرغم من ذلك فإنها لا تستخدم إذا يجب أن نرجع إلى المنطقة فى الطبيعة لأخـــذ بيانات عن أطوال أو أشكال نحتاج إليها لتعيين المسطحات .

طرق ايجاد المساحات

يمكن تقسيم الطرق العامة المستخدمة لايجاد المسطحات عموما إلى :

اولا ـ الطرق الحسابية : وهى أدق الطرق وفيها يمكن تقسيم الأرض إلى أشكال منتظمة مثل المثلثات أو المستطيلات أو الأشكال الرباعية وهكذا يمكن تطبيق قوانين الاشكال المنتظمة عليها .

ثانيا ـ الطريقه النصف حسابية : وهى تستخدم فى المساحات الضيقة وفيها نقسم الرسم إلى شرائح وتستعمل قوانين خاصة كما سيأتى بعد

ثالثا ـ الطرق الميكانيكية : وهى تعتمد على إستخدام أجهزة معينة لتعيين المساحات المختلفة مثل البلانيمتر ومسطرة النفدين وتستخدم عموما فى الأراضى الكثيرة التعاريج

اولا ـ الطرق الحسابيه

وفيها نقسم الأرض إلى مجموعة من الأشكال الهندسية المنتظمة ثم نحسب مساحات هذه الأجزاء وبجمعها نحصل على المساحة الكلية .

مساحة الاشكال المنتظمه

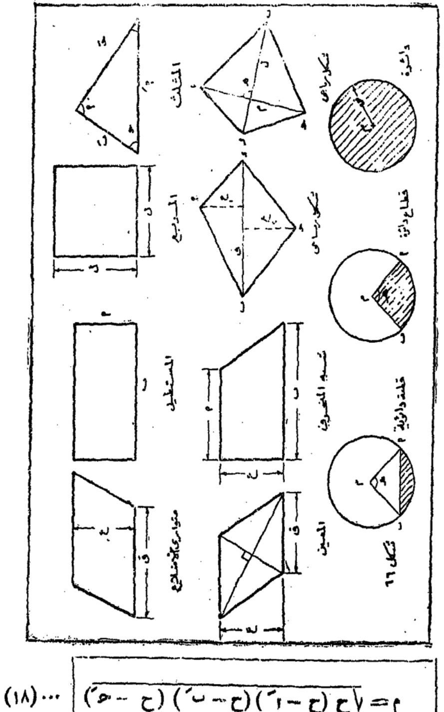
١ ـ المثلث : شكل (٦٦) .

إذا كان المثلث معلوم فيه ضلعان والزاوية بينهما فإن :

المساحة = نصف حاصل ضرب الضلعين × جيب الزاوية المحصورة بينهما

$$م = \frac{1}{2} ب \times حـ \times جا أ = \frac{1}{2} حـ \times أ \times جا ب = \frac{1}{2} أ \times ب \times جا حـ \quad \cdots (١٧)$$

إذا كان المثلث معلوم أضلاعه الثلاثة فإن :



شكل ٦٦

$$م = \sqrt{ح\,(ح - أ')\,(ح - ب')\,(ح - جـ')} \quad \ldots (١٨)$$

حيث $ح = \frac{1}{2}(أ' + ب' + جـ')$ = نصف المحيط .

الاشكال الرباعية

المربع $=$ ل^{٢} ... (١٩)

المستطيل $=$ ا ب ... (٢٠)

متوازى الاضلاع $=$ ق ع

$=$ القاعده $\times$ الارتفاع ... (٢١)

المعين $= \frac{١}{٢}$ حاصل ضرب القطرين

$=$ ق $\times$ ع ... (٢٢)

شبة المنحرف $=$ القاعدة المتوسطة $\times$ الارتفاع

$$= \frac{ا + ب}{٢} \times ع$$ ... (٢٣)

شكل رباعى $=$ ق $\left(\frac{ع_{١} + ع_{٢}}{٢}\right)$ ... (٢٤)

$= \frac{١}{٢}$ حاصل ضرب القطرين $\times$ جيب الزاوية بينهما .

$\frac{١}{٢}$ م ل جا هـ ... (٢٥)

٣ — مساحه الاشكال الدائريه . شكل(٦٦)

الدائرة $=$ ط نق^{٢} $=$ ط $\frac{ق^{٢}}{٤}$	...(٢٦)
القطاع الدائرى ا م ب $= \frac{١}{٢}$ هـ نق^{٢}	... (٢٧)
القطعة الدائرية ا ب حـ $= \frac{١}{٢}$ نق^{٢} (هـ $-$ حا هـ)	...(٢٨)

مساحه لاشكال المنظمه المتعددة لأضلاع

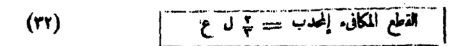
شكل منتظم عدد أضلاعه ن $= \frac{١}{٢}$ ا ع ن	... (٢٩)

حيث ا $=$ طول ضلع الشكل

ا $=$ ٢ع ظا θ شكل (٦٧)

شكل منتظم عدد أضلاعه ن $=$ ن ع^{٢}ظا $\frac{θ}{٢}$	...(٢٠)
م $=$ $\frac{ن}{٢}$ نق^{٢} حا $\frac{٣٦٠°}{ن}$	(٣١) ...

٥ - مساحه الاشكال المحدودة بمنحنيات خاصه

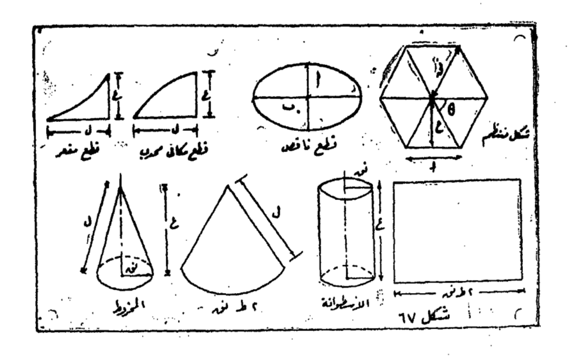


القطع المكافىء المحدب = $\frac{٢}{٣}$ ل ع ... (٣٢)

القطع المكافىء المقعر = $\frac{١}{٣}$ ع . ل ... (٣٣)

القطع الناقص = ط ا ب ... (٣٤)

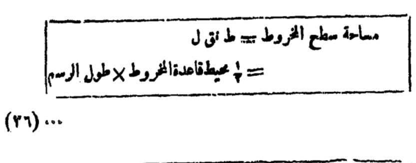
حيث ا ، ب هما نصفى القطرين شكل (٦٧)



شكل (٦٧)

٦ - مساحه السطوح للاجسام المنتظمه

مساحة سطح الأسطوانة = ٢ ط نق ع ... (٣٥)



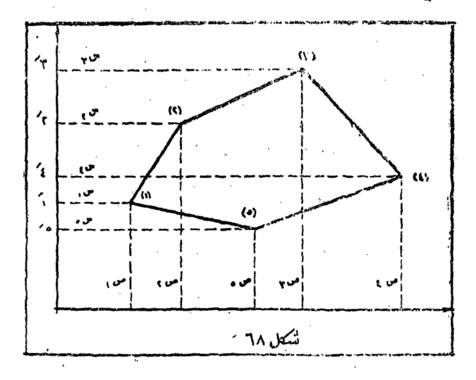
... (٣٦)

مساحة سطح الكرة = ٤ ط نق٢ ... (٣٧)

٧ ـ مساحة الاشكال المحدودة بخطوط مستقيمة

أ ـ المساحة بمعلومية احداثيات الرؤوس

الطريقة : لحساب مساحة المضلع فى الشكل ترقم النقط فى إتجاه دائرى واحد وتحسب إحداثيات رؤوس المضلع ونجد فى الشكل (٦٨) أن إحداثيات رؤوس المضلع المبين هى :



شكل ٦٨

($س_1$ ، $ص_1$) ، ($س_2$ ، $ص_2$) ، ($س_4$ ، $ص_4$) ، ($س_5$ ، $ص_5$)

ومساحة هذا الشكل ١ — ٢ — ٣ — ٤ — ٥ — ١ يمكن حسابها بإضافة مساحة أشباه المنحرفات ٣٣َ ٤َ ٤ ، ٤٤َ ٥َ ٥ وطرح أشباه المنحرفات ٣٣َ ٢َ ٢ ، ٢٢َ ١َ ١ ، ١١َ ٥َ ٥ .

وبإيجاد مساحة أشباه منحرفات بدلالة $س_1$ ، $ص_1$ ، $س_2$ ، $ص_2$ ،

∴ المساحة $= \frac{1}{2}(س_4 + س_3)(ص_4 - ص_3)$

$+ \frac{1}{2}(س_4 + س_5)(ص_4 - ص_5)$

$- \frac{1}{2}(س_2 + س_3)(ص_3 - ص_2)$

$- \frac{1}{2}(س_2 + س_1)(ص_2 - ص_1)$

$- \frac{1}{2}(س_1 + س_5)(ص_1 - ص_5)$

ضعف المساحة $= (س_2 + س_1)(ص_2 - ص_1)$

$+ (س_3 + س_2)(ص_3 - ص_2)$

$+ (س_3 + س_4)(ص_4 - ص_3)$

$+ (س_5 + س_4)(ص_5 - ص_4)$

$+ (س_1 + س_5)(ص_1 - ص_5)$

ضعف المساحة $= ص_1(س_2 - س_5) + ص_2(س_3 - س_1)$

$+ ص_3(س_4 - س_2) + ص_4(س_5 - س_3)$

$+ ص_5(س_1 - س_4)$

$$\text{المساحة} = \frac{1}{2}\sum \text{ص}_{\text{ن}}\left(\text{س}_{\text{ن}+1} - \text{س}_{\text{ن}-1}\right)$$

$$= \frac{1}{2}\sum \text{س}_{\text{ن}}\left(\text{ص}_{\text{ن}+1} - \text{ص}_{\text{ن}-1}\right)$$

أى أن ضعف مساحة أى شكل معلوم إحداثيات رؤوسه يساوى مجموع حاصل ضرب كل إحداثى رأسى فى الفرق بين الإحداثيين الأفقيين اللاحق والسابق له .

وهو يساوى أيضا :

مجموع حاصل ضرب كل إحداثى أفقى فى الفرق بين الإحداثيين الرأسيين اللاحق والسابق له .

هذا ويمكن إيجاد المساحة بمعلومية إحداثيات النقط بطريقة بسيطة وسهلة وتتلخص فيما يلى :

١ — ترتب إحداثيات كل نقطة على هيئة بسط ومقام بحيث يكون الإحداثى السينى فى البسط لكل النقط (أو الصادى) وتوضع بترتيب دائرى واحد بحيث تنتهى بالنقطة التى ابتدأنا منها مع مراعاة وضع الأحداثيات بإشارتها الجبرية .

٢ — يضرب كل مقام فى بسط الكسر التالى (وهو مبين بخطوط مائلة كاملة) ثم يضرب كل بسط فى المقام للحد التالى له (وهو مبين بخطوط متقطعة) .

٣ — تجمع كل حواصل الضرب فى الخطوط الكاملة على حدة والخطوط المتقطعة على حدة والفرق الجبرى بينهما يكون هو ضعف المساحة وذلك بغض النظر عن الأشارة الجبرية .

والمعادلة المستخدمة تكون على الشكل

ضعف المساحة =

$$\left[\frac{\text{س}_1}{\text{ص}_1} \times \frac{\text{س}_2}{\text{ص}_2} \times \frac{\text{س}_3}{\text{ص}_3} \times \frac{\text{س}_4}{\text{ص}_4} \times \frac{\text{س}_1}{\text{ص}_1} \right]$$

...... (٣٨)

ب — المساحة بمعلومية مركبات اضلاع الشكل :

يتم حساب المساحه المحصورة داخل أى مضلع مقفل بمعلومية مركبات الاضلاع باتباع القاعدة التالية :

المساحة المحصوره داخل مضلع مقفل تساوى المجموع الجبرى لحاصل ضرب مسقط كل ضلع على المحور الصادى × العمود الساقط من منتصف هذا الضلع على محور الصادات مع ملاحظة النقاط التالية :

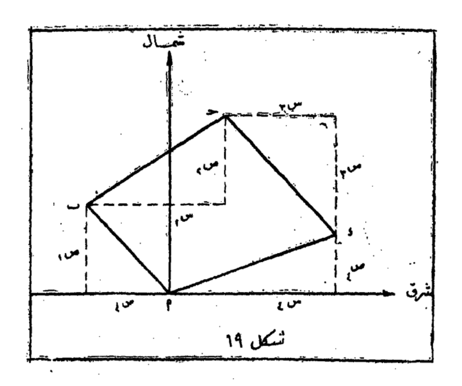
١) المجموع الجبرى للمركبات الأفقية للمضلع المقفل = صفر
٢) المجموع الجبرى للمركبات الرأسية للمضلع المقفل = صفر
٣) المركبة الأفقية = طول الضلع × جيب الأنحراف المختصر
٤) المركبة الرأسية = طول الضلع × جيب تمام الأنحراف المختصر

وتتلخص الطريقة فى تدوين المركبات الأفقية والرأسية للمضلع فى جدول

وتؤخذ المركبة الأفقية بإعتبارها مسقط الضلع على المحور السينى ويكون ضعف العمود هو الإحداثيين الصادى على أن تؤخذ أضلاع المضلع فى ترتيب دورى واحد .

فإذا كان لدينا مقفل ا ب حـ ء ا شكل (٦٩) .

والمركبات الأفقية والرأسية لأضلاعه ا ب ، ب حـ ، حـ ء ، ء ا هى على التوالى (س١ ، ص١) ، (س٢ ، ص٢) ، (س٣ ، ص٣) ، (س٤ ، ص٤)



شكل ١٩

فتوجد المساحة بأستخدام جدول كالآتى :

الضلع	المركبة الأفقية	المركبة الرأسية	ضعف العمود	ضعف العمود × المسقط
ا ب	$س_١$	$ص_١$	$ص_١$	$س_١ ص_١$
ب حـ	$س_٢$	$ص_٢$	$٢ ص_١ + ص_٢$	$س_٢ (٢ ص_١ + ص_٢)$
حـ ء	$س_٣$	$ص_٣$	$٢ (ص_١ + ص_٢) + ص_٣$	$س_٣ [٢ (ص_١ + ص_٢) + ص_٣]$
ء	$س_٤$	$ص_٤$	$٢ (ص_١ + ص_٢ + ص_٣) + ص_٤$	$س_٤ [٢ (ص_١ + ص_٢ + ص_٣) + ص_٤]$
Σ	صفر	صفر		المساحة = $\frac{١}{٢}$ Σ

ويمكن إبدال الأحداثى الصادى بالأحداثى السينى كضعف العمود . وتكون المساحة المحصورة عبارة عن نصف المقدار :

$$\text{ص}_{1}\text{س}_{1} + \text{ص}_{2}[2\,\text{س}_{1} + \text{س}_{2}] + \text{ص}_{3}[2\,(\text{س}_{1} + \text{س}_{2}) + \text{س}_{3}]$$
$$+\ \text{ص}_{4}[2\,(\text{س}_{1} + \text{س}_{2} + \text{س}_{3}) + \text{س}_{4}]$$

أى أن :

$$\boxed{\text{المساحة} = \tfrac{1}{2}\,\Sigma\ \text{المسقط} \times \text{ضعف العمود}} \quad \ldots \quad (٣٩)$$

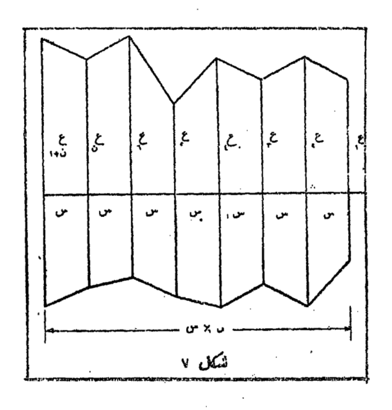
ثانيا — الطرق النصف حسابية

وتستعمل فى الأراضى الممتدة كالشرائح والمساحات الضيقة وتتلخص الطريقة فى أخذ خـــط أو محور يوازى طول المنطقة تقريبا إما فى الرسم أو فى الطبيعة ويقسم إلى أجزاء متساوية فى الجزء المقطوع بين القطعة ثم نقيم من نقط التقسيم أعمدة ونتبع أحدى الطرق الآتية حسب دقة الحساب المطلوبة مع أخذ الفروض الآتيـــة :

ن = عدد الأقسام فى المنطقة كلها .
س = المسافة بين كل عمودين متتاليين .

١ — طريقة متوسط الارتفاعات : وهذه الطريقة تعتبر من الطرق التقريبية إذ تحسب المساحة الكلية للمنطقة على أساس أخذ متوسط الأعمدة فتتحول المساحة كلها إلى مستطيل طوله عبارة عن طول القطعة وإرتفاعه هو متوسط الأعمـــدة :

فإذا كان المراد حساب المساحة للقطعة المبينة فى شكل (٧٠) مثلا فإننا نجد أن :



شكل ٧

$$\text{المساحة} = \text{ن س} \left(\frac{\text{مجموع الأعمدة}}{\text{عدد الأعمدة}} \right) \qquad (٤٠)$$

$$\text{المساحة} = \text{ن س} \; \frac{\text{مج (ع ن + ١)}}{\text{ن + ١}}$$

حيث ن = المسافة بين كل عمودين متتاليين :
س = عدد الأقسام المتساوية

٢ — طريقة اشباه المنحرفات

وهى طريقة أدق من سابقتها والطريقة هى أنحسب المساحة على أساس أن كل قسم عبارة عن شبه منحرف قاعدتاه العمودان وإرتفاعه س ، فنى شكل (٧٠) نجد أن :

$$\text{المساحة} = \tfrac{1}{2}\,\text{س}\,(\text{ع}_{١} + \text{ع}_{٢}) + \tfrac{1}{2}\,\text{س}\,(\text{ع}_{٢} + \text{ع}_{٣})$$

$$+ \tfrac{1}{2}\,\text{س}\,(\text{ع}_{٣} + \text{ع}_{٤}) + \tfrac{1}{2}\,\text{س}\,(\text{ع}_{٤} + \text{ع}_{٥})$$

$$+ \tfrac{1}{2}\,\text{س}\,(\text{ع}_{٥} + \text{ع}_{٦}) + \tfrac{1}{2}\,\text{س}\,(\text{ع}_{٦} + \text{ع}_{٧})$$

$$= \tfrac{1}{2}\,\text{س}\,(\text{ع}_{١} + ٢\text{ع}_{٢} + ٢\text{ع}_{٣} + ٢\text{ع}_{٤} + ٢\text{ع}_{٥} + ٢\text{ع}_{٦} + \text{ع}_{٧})$$

المساحة = ½ عرض القسم (العمود الاول + العمود الأخير + ضعف الأعمدة الباقية)	(٤١)

وتعطى هذه الطريقة النتائج دقيقة إذا كانت حدود الأرض متكسرة .

٣ — طريقة سمسون (الطريقة الدقيقة)

وتستعمل إذا كانت حدود الأرض منحنية تماما بمعنى أنه يمكننا إعتبار كل ٣ نقط من الحدود عبارة عن منحنى قطع مكافىء .

المساحة = $\frac{\text{س}}{٣}$ (العمود الاول + العمود الاخير + ضعف الأعمدة الفردية الباقية + أربعة أمثال الأعمدة الزوجية)	(٤٢)

$$= \frac{س}{٢}\left[ع_{١} + ع_{ن+١} + ٢(ع_{٣} + ع_{٥} + ع_{٧} + \cdots) + ٤(ع_{٢} + ع_{٤} + ع_{٦} + \cdots)\right]$$

ويراعى أن يكون عدد الأقسام ن زوجى ، وإذا كان فرديا يحذف قسم عند أحد الطرفين وتحسب مساحته على حدة بأعتباره إما مثلث أو شبه منحرف أو قطع مكافىء محدب أو مقعر حسب الشكل .

ويلاحظ أنه فى حالة عدم وجود عمود فى بداية القطعة أو نهايتها أو فى كل منهما يجب إعتبار العمود الأول أو الأخير أو الأثنين معـــا يساوى صفر عند تطبيق القانون .

٤ — طريقه الحذف والاضافه

وهى من الطرق التقريبية المستخدمة لإيجاد مساحة المناطق المستديرة الشكل أو كثير التعاريج وهى تشمل عموما حالتين :

ا — الحاله الاولى : طريقه الخطوط المتوازيه :

وتتلخص فى تقسيم قطعة الأرض المراد إيجاد مساحتها إلى شرائح متساوية العرض ثم يحول كل شريط أو شريحة إلى مستطيل يكافئه فى المساحة ويشترك معه فى العرض — أى أننا نحول الشريحه الغير منتظمة إلى مستطيل يكافئها فى المساحة بأن نحذف جزء من الشريحة ونضيف إليهـــا جزء يساويه فى المساحة تقريبا .

فإذا كان عرض كل شريحـة هو س وأطوال الشرائح هى $ع_{١}$ ، $ع_{٢}$ ، $ع_{ن}$ فتكون المساحة $= س(ع_{١} + ع_{٢} + ع_{٣} + \cdots ع_{ن})$

ب ـ الحالة الثانية طريقة المضلع المكافىء

وتتلخص في تحويل القطعة المراد إيجاد مساحتها والتي تكون غالبا كثيرة التعاريج إلى مضلع يكافئها أى يساويها فى المساحة ويكون ذلك بتحديد خطوط مستقيمة حول الشكل المتعرج والمراد إيجاد مساحتها بحيث تتساوى الأجزاء المطروحة فيها ثم تحسب مساحة المضلع المكافىء بإحدى الطرق المعروفة سابقا أو بتحويل هذا المضلع المكافىء إلى مثلثات وأشكال رباعية .

ه ـ طريقة المربعات .

وفيها ترسم شبكة من المربعات على ورقة شفاف وتوضع فوق الخريطة وتعد المربعات الكاملة الصحيحة التي يحويها الشكل وتقدر كسور المربعات الصحيحة وتكون المساحة المطلوبة الطبيعية مساوية عدد المربعات × مساحة المربع فى الرسم × (مقياس الرسم)^{2} .

أمثلة

مثال ١

قطعة أرض على هيئة مثلث أضلاعه هى

أَ = ٦٦٣ر٧٥ م   بَ = ٦٣٢ر٢٠ م   هـَ = ٦٥٤ر٠٠ م

أوجد مساحة هذه القطعة بالهكتار

الحل

أَ = ٦٦٣ر٧٥	ح − أَ = ٣١١ر٢٥
بَ = ٦٣٢ر٢٠	ح − بَ = ٣٤٢ر٨٠
هـَ = ٦٥٤ر٠٠	ح − هـَ = ٣٢٠ر٩٥

٢ح = ١٩٥٠

ح = ٩٧٥

المساحة = √ح (ح − أَ) (ح − بَ) (ح − هـَ)

= √٩٧٥ × ٣١١ر٢٥ × ٣٤٢ر٨٠ × ٣٢٠ر٩٥

= ١٨٢٧٢٤ متر مربع = ١٨ر٢٧٢٤ هكتار

مثال ٢ : أوجد المساحة المحصورة داخل المضلع المقفل الذى إحداثيات رؤسه هى :

نقطة ١	س = ٨ر٣٥	ص = ٥٥ر٤٣
نقطة ٢	س = ٤٦ر٦٨	ص = ٩٣ر٧٨
نقطة ٣	س = ٧٩ر٤٠	ص = ٦٦ر١٠
نقطة ٤	س = ٦٣ر١٢	ص = ١٤ر٢٢
نقطة ٥	س = ٢٢ر١٥	ص = ١٩ر١٦

الحل

ضعف المساحة = س$_1$ (ص$_2$ − ص$_5$) + س$_2$ (ص$_3$ − ص$_1$)

+ س$_3$ (ص$_4$ − ص$_2$) + س$_4$ (ص$_5$ − ص$_3$) + س$_5$ (ص$_1$ − ص$_4$)

= ٨ر٣٥ (٩٣ر٧٨ − ١٩ر١٦) + ٤٦ر٦٨ (٦٦ر١٠ − ٥٥ر٤٣)

+ ٧٩ر٤٠ (١٤ر٢٢ − ٩٣ر٧٨) + ٦٣ر١٢ (١٩ر١٦ − ٦٦ر١٠)

+ ٢٢ر١٥ (٥٥ر٤٣ − ١٤ر٢٢)

= ٨ر٣٥ × ٧٤ر٦٢ + ٤٦ر٦٨ × ١٠ر٦٧

+ ٧٩ر٤٠ (− ٧٩ر٥٦) + ٦٣ر١٢ (− ٤٦ر٩٤)

+ ٢٢ر١٥ × ٤١ر٢١

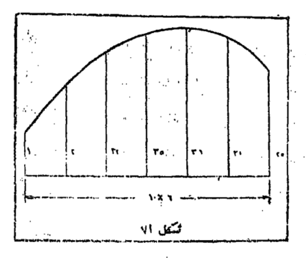
= ٧٢٠٤ر٧ م^2

المساحة = $\frac{٧٢٠٤ر٧}{٢}$ = ٣٦٠٢ر٣٥ م^2

مثال ٣ — أوجد مساحة القطعة المبينة فى شكل (٧١) بطريقة :

(أ) متوسط الارتفاعات . (ب) أشباه المنحرفات

(حـ) طريقة سمسون . وأى الطرق فى رأيك أدقها ؟



شكل ٧١

الحل

١ — طريقة متوسط الارتفاعات :

$$\text{المساحة} = \text{ن س} \; \frac{(\text{ع}_1 + \text{ع}_2 + \text{ع}_3 + \text{ع}_4 + \text{ع}_5 + \text{ع}_6 + \text{ع}_7)}{\text{ن} + 1}$$

$$= 6 \times 10 \left(\frac{25 + 31 + 36 + 35 + 32 + 20 + 10}{7} \right)$$

$$= 6 \times 10 \left(\frac{189}{7} \right) = 1620 \; \text{متر مربع} .$$

ب — طريقه أشباه المنحرفات .

$$\text{المساحة} = \frac{\text{س}}{2} \left[\text{ع}_1 + \text{ع}_7 + 2 \, (\text{ع}_2 + \text{ع}_3 + \text{ع}_4 + \text{ع}_5 + \text{ع}_6) \right]$$

$$= \frac{١٠}{٢} \left[٢٥ + ١٠ + ٢ \, (٣١ + ٢٦ + ٣٥ + ٣٢ + ٢٠) \right]$$

$$= ٥ \left[٢٥ + ٢ \, (١٥٤) \right]$$

$$= ٥ \, (٢٥ + ٣٠٨) \qquad = ١٧١٥ \text{ متر مربع}$$

حـ — طريقة سمسون :

عدد الأقسام زوجية وعليه فإن :

المساحة = $\frac{س}{٣}$ (العمود الأول + العمود الأخير + ضعف الأعمدة الفردية + أربعة أمثال الأعمدة الزوجية)

$$= \frac{١٠}{٣} \left[٢٥ + ١٠ + ٢ \, (٣٦ + ٢٢) + ٤ \, (٣١ + ٣٥ + ٢٠) \right]$$

$$= \frac{١٠}{٣} (٢٥ + ١٣٦ + ٣٤٤) \qquad = ١٧١٦٫٦ \text{ متر مربع}$$

وتعتبر طريقة سمسون هي أدق نظراً لأن حدود القطعة منحنية .

مثال ٤ : ا ب حـ منطقة مثلثية رؤوسها موجودة فى الخرائط الآتية :

نقطة ا تبعد ٤ سم عن الحد الشرقى والشمالى للخريطة الوزاعية $\frac{٨٤}{٧٦}$

نقطة ب تقع فى مركز الخريطة ١ : ٢٥٠٠٠ رقم $\frac{١٧}{٨٧}$

نقطة حـ تبعد ٤ر٧ سم ، ٢ر٦ سم عن الحد الغربى والجنوبى للخريطة ١ : ١٠٠٠٠٠ رقم $\frac{٨}{١٠}$

والمطلوب هو حساب مساحة هذه القطعة إلى أقرب رقم عشرى واحد من الفدان .

العمل

إحداثيات نقطة ا : س = ٧٦ + ٥ر١ − ١ر٠ = ٤ر٧٧ كم

ص = ٨٤ + ١ − ١٥ر٠ = ٨٥ر٨٤ كم

إحداثيات نقطة ب : س = ٨٧ + ٥ر٧ = ٥٠ر٩٤ كم

ص = ١٧٠ + ٥ = ١٧٥ كم

إحداثيات نقطة حـ :

س ب = ١٠٠ + ٧ر٤ = ١٠٧ر٤ كم

ص = ٨٠ + ٦ر٢ = ٨٦ر٢٠ كم

ضعف المساحة = س ١ (ص ب − ص هـ) + س ب (ص هـ − ص ١)

+ س هـ (ص ١ − ص ب)

ضعف المساحة = ٧٧ر١ (١٧٥ − ٨٦ر٢٠) + ٩٤ر٥ (٨٦ر٢ − ٨٤ر٨٥)

+ ١٠٧ر٤ (٨٨ر٨٥ − ١٧٥)

= ٧٧ر٤ × ٨٨ر٨ + ٩٤ر٥ × ٠ر٣٥ − ١٠٧ر٤ × ٩٠ر١٥

= ٣٦٨١ر٤١٥

المساحة المطلوبة = ١٣٤٠ر٧٠٧٥ كم مربع

= ٢١٩٢١٦ر١ فدان

مثال ٥ — قطعة أرض مستطيلة الشكل ا ب حـ ء فيها ا ء = ٨٠ متر ا ب = ٦٢ متر — يوجد عند حدود القطعة ا ء و على بعد ١٩ر٥ مترا من نقطة ء رشاشة مياه هـ — أقصى مدى لما هو ٤٤ر٤ متر ما هى أقصى مساحة من هذه الارض يمكن أن تروى بهذه الرشاشة ؟

الحل

أقصى مساحة يمكن أن تروى هى عبارة عن المثلث هـ ء و + القطاع ل و هـ

حيث و واقعة بين ى ، حـ والطول هـ و = ٤٤٫٤ متر والنقطة ل بين هـ ا على الحد ا ى ، ل هـ = ٤٤٫٤ متر .

لإيجاد مساحة المثلث :

جتا ى هـ و = $\frac{١٩٫٥}{٤٤٫٤}$ = ٠٫٤٣٩١

الزاوية ى هـ و = ٦٤ ، الزاوية المكملة = ١١٦°

مساحة المثلث = $\frac{١}{٢}$ اَ بَ حا حـ

= $\frac{١}{٢}$ × ١٩٫٥ × ٤٤٫٤ × ٠٫٨٩٨ = ٣٨٨ متر مربع

مساحة القطاع = $\frac{١}{٢}$ ق٢ هـ

= $\frac{١}{٢}$ × ٤٤٫٤٢ × $\frac{١١٦}{١٨٠}$ × ٣٫١٤

= ١٩٧١ متر مربع

المساحة التي تروى بهذه الرشاشة = ٣٨٨ + ١٩٧١

= ٢٣٥٩ متر مربع

مثال (٦)

أوجد مساحة المضلع المقفل ا ب حـ ى الذى مركبات أضلاعه هى :

الضلع	المركبة الأفقية	المركبة الرأسية
ا ب	٢٠ غربا	٣٠ شمالا
ب حـ	٤٠ شرقا	١٥ شمالا
حـ ى	٣٠ شرقا	٢٥ جنوبا
ى ا	٥٠ غربا	٢٠ جنوبا

الحل

الضلع	المركبة الأفقية	المركبة الرأسية	ضعف العمود	المسقط × ضعف العمود
ا ب	— ٢٠	+ ٣٠	+ ٣٠ = ٣٠	+ ٣٠ × — ٢٠ = — ٦٠٠
ب حـ	+ ٤٠	+ ١٥	٢ × ٣٠ + ١٥ = ٧٥	+ ٧٥ × ٤٠ = + ٣٠٠٠
حـ ى	+ ٣٠	— ٢٥	٢ (٢٠ + ١٥) — ٢٥ = ٦٥	٦٥ × ٣٠ = + ١٩٥٠
ى ا	— ٥٠	— ٢٠	٢ (٣٠ + ١٥ — ٢٥)	٢٠ × — ٥٠ = — ٢٠٠٠
			— ٢٩ = + ٢٠	٣ = ٢٣٥٠

∴ المساحة المطلوبة = $\frac{1}{2}$ × ٢٣٥٠ = ١٦٧٥ م^{2}

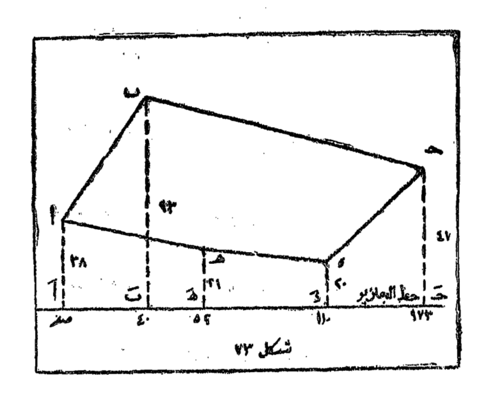
حل آخر

الضلع	مركبة أفقية	مركبة رأسية	ضعف العمود	المسقط × ضعف العمود
ا ب	− ٢٠	+ ٣٠	− ٢٠ = − ٢٠	− ٢٠ × ٣٠ = − ٦٠٠
ب حـ	+ ٤٠	+ ١٥	− ٢ × ٢٠ + ٤٠	صفر × ١٥ = صفر
حـ ء	+ ٣٠	− ٢٥	٢ (− ٢٠ + ٤٠) + ٣٠ = ٧٠	٧٠ × − ٢٥ = − ١٧٥٠
ء ا	− ٢٠	− ٢٠	٢ (− ٢٠ + ٤٠) + ٣٠ − ٥٠ = ٥٠	٥٠ × − ٢٠ = ١٠٠٠
				ع = − ٣٣٥٠

المساحة المطلوبه = $\frac{1}{2}$ × ٣٣٥٠ = ١٦٧٥ م^{2}

مثال (٧)

قطعة أرض ا ب حـ ء هـ شكل (٧٣) لم يتيسر قياس أقطارها — أخذ خط جنزير ا َ حـ َ خارج القطعة وأسقطت أعمدة من رؤوس القطعة على هذا الخط — والمطلوب إيجاد مساحة هذه الأرض علماً بأن الأبعاد المبينة بالأمتار .



شكل ٧٣

الحل

المساحة الخارجية :

شبه المنحرف ا َ ا ب ب َ $= \frac{٣٨ + ٩٣}{٢} (٤٠) = ٢٦٢٠$ م٢

شبه المنحرف ب ب َ هـ هـ َ $= \frac{٩٣ \times ٤٧}{٢} (١٧٣ - ٤٠) = ٩٣١٠$ م٢

$\therefore$ المجموع $= ٢٦٢٠ + ٩٣١٠ = ١١٩٣٠$ م٢

المساحة الداخلية :

شبه المنحرف ا َ ا هـ هـ َ $= \frac{٣٨ + ٢٦}{٢} (٥٢) = ١٦٦٤$ م٢

شبه المنحرف هـَ هـ ءَ ء = $\frac{٢٦ + ٢٠}{٢}$ (١١٠ − ٥٢) = ١٣٣٤م^2

شبه المنحرف ءَ ء حـ حـَ = $\frac{٢٠ + ٤٧}{٢}$ (١٧٣ − ١١٠) = ٢١١٠٫٥م^2

∴ المجموع = ١٦٦٤ + ١٣٣٤ + ٢١١٠٫٥ = ٥١٠٨٫٥ م^2

∴ مساحة الشكل = المساحة الخارجية − المساحة الداخلية

= ١١٩٣٠ − ٥١٠٨٫٥ = ٦٨٢١٫٥ متر مربع

حل آخر

نعتبر أن المضلع ا ب حـ ء هـ ا مضلع مقفل إحـــداثيات رؤوسه ا ، ب ، حـ ، ء ، هـ بالنسبة لخط الجذير والعمودى عليه هى :

النقطة	الإحداثى السينى س	الإحداثى الصادى ص
ا	صفر	٣٨
ب	٤٠	٩٣
حـ	١٧٣	٤٧
ء	١١٠	٢٠
هـ	٥٢	٢٦

∴ ضعف المساحة = س$_{ا}$ (ص$_{ب}$ − ص$_{هـ}$) + س$_{ب}$ (ص$_{جـ}$ − ص$_{ا}$)

+ س$_{جـ}$ (ص$_{ء}$ − ص$_{ب}$) + س$_{ء}$ (ص$_{هـ}$ − ص$_{جـ}$)

+ س$_{هـ}$ (ص$_{ا}$ − ص$_{ء}$)

= صفر (٩٣ − ٢٦) + ٤٠ (٤٧ − ٣٨) + ١٧٣ (٢٠ − ٩٣)

+ ١١٠ (٢٦ − ٤٧) + ٥٢ (٣٨ − ٢٠)

= صفر + ٤٠ × ٩ − ١٧٣ × ٧٣ − ١١٠ × ٢١ + ٥٢ × ١٨

= صفر + ٣٦٠ − ١٢٦٢٩ − ٢٣١٠ + ٩٣٦

= − ١٤٩٣٩ + ١٢٩٦ = − ١٣٦٤٣ متر مربع

∴ المساحة = ٦٨٢١٫٥ متر مربع

مثال ٨.

مضلع مقفل ا ب ح ء ه ا مركبات أضلاعه هى :

ا ب ٢٠ شمالا ، ٣٠ شرقا ، ب ح ٦٠ جنوبا ، ٥٠ شرقا

ح ء ٣٠ جنوبا ، ٤٠ غربا والضلع ء ه يتجه غربا تماما والضلع ه ا
شمالا تماما — عين مساحة هذا المضلع بالهكتار إذا كانت المركبات بالأمتار .

الحل :

الضلع	المركبة الأفقية	الرأسية	ضعف العمود المسقط	× ضعف العمود
ا ب	+ ٤٠	+ ٢٠	+ ٢٠	+ ٦٠٠
ب ح	+ ٥٠	— ٦٠	— ٢٠	— ١٠٠٠
ح ء	— ٤٠	— ٢٠	— ١١٠	+ ٤٤٠٠
ء ه	— ٤٠	صفر	— ١٤٠	+ ٥٦٠٠
ه ا	صفر	+ ٧٠	+ ٧٠	صفر

ومنها ضعف المساحة = ٩٦٠٠ متر مربع

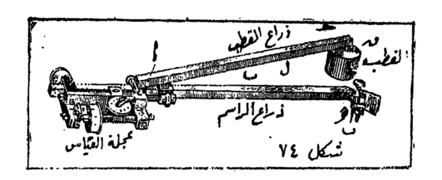
= ٤٨٠٠ متر مربع = ٤٨ر٠ هكتار

الطرق الميكانيكية لايجاد المساحات

وهى أجهزة تعتمد على إستخدام أجهزة معينة فى حساب المساحات المختلفة مثل أجهزة البلانيمتر ومسطرة التفدين وأهمها البلانيمتر القطبى

البلانيمتر القطبى :

ويعتبر البلانيمتر القطبى أفضل الطرق فى إيجاد المساحات غير المنتظمة داخل أى شكل مقفل وذلك بواسطة أمرار سن مدبب بالجهاز على محيط هذا الشكل ، ويتركب البلانيمتر من ذراعين متصلان بمفصل كروى ا شكل (٧٤) .



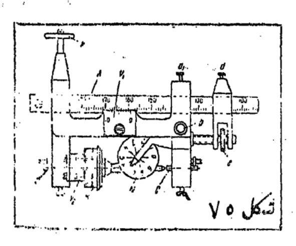
شكل ٧٤

والذراع ا حـ يسمى الذراع الثابت أو ذراع القطب وطوله ل (شكل ٧٤) والذراع ا ب يسمى الذراع الراسم أو ذراع القياس وطوله ع .

وينتهى ذراع القطب بثقل حـ به إبرة تثبت على الخريطة أثناء الإستعمال وينتهى ذراع القياس أو الذراع الراسم بسن مدببة ﺏ وعلى مسافة ع من المفصلة ومن الجهة الأخرى وعلى مسافة (د) توجد عجلة القياس وهى عجلة مثبتة على محور أفقى يوازى ذراع الراسم ومتصل بقرص أفقى مقسم إلى ١٠ أقسام بحيث لو دارت عجلة القياس لفة كاملة يدور معها القرص قسما واحدا (شكل ٧٥)

ويوجد أمام العجلة الرأسية ورنية تقرأ $\frac{1}{10}$ من أصغر أقسام العجلة الرأسية .

ويلاحظ أنه عندما يتحرك سن الإبرة على الورقة فان العجلة تدور رأسيا ويتحرك تبعا لها القرص الأفقى .



شكل ٧٥

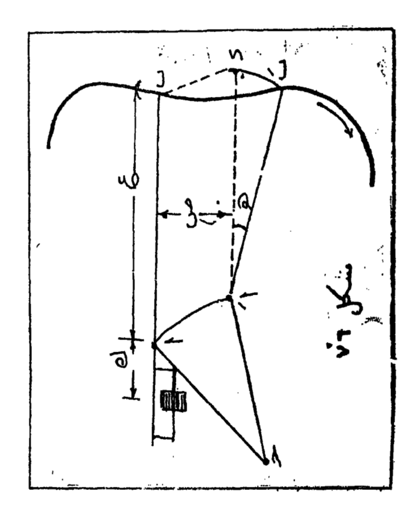
ويمكن حساب المساحة المحصورة داخل أى شكل مقفل بالمرور على حدود الشكل الخارجية وذلك بتحريك طرف الذراع الراسم على حدود الشكل مع تثبيت الثقل د عند النقطة هـ مكانه على اللوحة .

نظرية الجهاز :

لو فرضنا أن الراسم تحرك مسافة صغيرة أى أن المفصلة م تحركت من ا الى ا َ كما فى (شكل ٧٦) فيمكن تحليل هذه الحركة الى :

١ — حركة الذراع ا ب موازيا لنفسه حتى يأخذ الوضع ا هـ مسافة مقدارها ص .

٢ — حركة دوران الذراع من الوضع ا َ ى الى ا َ ب َ بزاوية مقدارها هـ وعلى ذلك فتكون المساحة المقطوعة .



= مساحة متوازى الأضلاع ا ب و اَ + مساحة المثلث اَ و بَ

$$= ع ص + \frac{1}{2} ع^{2} هـ \qquad (1)$$

وبالنسبة إلى عجلة القياس فنجد أنها فى أثناء الحركة الأولى دارت حول محورها وقطعت مسافة ص وأثناء دوران ذراع الراسم حول م نجد أنها دارت فى إتجاه عكسى قاطعة مسافة على محيطها طولها = — و هـ

وعلى ذلك فإن الجزء الذى دار من العجلة هو (ص — و هـ) = ى

أى أن ص = ء + و هـ

(ب) ...

وبالتعويض فى (أ) من (ب)

المساحة المقطوعة = ع ء + ع و هـ + ½ ع² هـ

= ع ء + هـ (ع و + ½ ع²)

فإذا تحرك الراسم على حدود الشكل كله فتكون المساحة الكلية هى عملية تكامل المساحة الجزئية المقطوعة — ولكننا نلاحظ أنه عند تحريك الراسم حول الشكل كله إبتداء من نقطة ما والثقل خارج الشكل فى إتجاه عقرب الساعة مثلا على حدود الشكل على أن نعود لنفس النقطة فنجد أن إشارة الزاوية هـ التى دارها ذراع الراسم بالزائدة عند التحرك من أعلى إلى أسفل وبالناقص عند التحرك من أسفل إلى أعلى ، وبهذا يكون مجموع الزاوية (هـ) = صفر

وتكون مساحة الشكل هى = ع ء

أى طول ذراع الراسم × طول المساحة التى دارها محيط العجلة

فإذا كان نصف قطر العجلة نق ، يكون محيطها = ٢ ط نق

وإذا دارت العجلة عدد ن من الدورات فتكون المسافة المقطوعة ء هى :

ء = ٢ ن ط نق

والمساحة المطلوبة هى = ٢ ع ن ط نق = ن (٢ ع ط نق) = ن ك

حيث ك = ٢ ع ط نق

تحسب كفروق قراءتى تدريج العجلة الأولى من الأخيرة . وفى حالة ما إذا كان الثقل داخل الشكل المطلوب إيجاد مساحته فيجب إضافة ثابت هو قيمة مساحة الدائرة الأساسية القطبية .

قراءة العجلة وتحديد طول ذراع الراسم .

تنقسم العجلة إلى مائة قسم ويمكن بواسطة ورنية قراءة $\frac{1}{10}$ من أقسام

العجلة أى $\frac{1}{1000}$ من دورة كاملة للعجلة ، ويتحرك مع العجلة قرص عمودى على مستواها بين اللفات الكاملة للعجلة وبذلك يبين القرص الآلاف والعجلة المئات والعشرات وتبين الورنية الآحاد .

وفى المعتاد يسلم مع كل بلانيمتر جدول توضيحى لأطوال ذراع التخطيط الواجب العمل بها فى حالة مقاييس الرسم المختلفة عندما يجب أن تكون أصغر قراءة على الورنية بالوحدة البلانتيمترية ١٠ أو ٢٠م٢ ويمكن تغيير طول الذراع حسب الجدول المرفق بكل جهاز بتحريك الإطار الذى يحمل العجلة . والجدول الآتى يبين نموذجا من جداول البلانيمتر .

جدول البلانيمتر القطبى

مقياس الرسم ١ : م	قواعد ذراع الراسم ع	العدد الثابت لوحدة الورنية ١ : ١	العدد الثابت لوحدة الورنية ١ : م	الثابت القطبى
١ : ١٠٠٠	١٠٠ر٦	١٠ر٠٠ مم²	١٠ م²	٢٣٤٧٦
١ : ١٥٠٠	٨٩ر٥٠	٨ر٨٨٨ مم²	٢٠ م²	١٣٩٧٠
١ : ٥٠٠	٨٩ر٦٠	٨ر٠٠٠ مم²	١ م²	٢٣١٤٣
١ : ٢٥٠٠	٦٤ر٧٠	٦ر٤٠٠ مم²	٤٠ م²	٢٦٧٨٧
١ : ٢٠٠٠	٥٠ر٧٠	٥ر٠٠ «	٢٠	٣٠٢٤٣
١ : ٣٠٠٠	٤٥ر٣٠	٤ر٤٤٤ «	٤٠	٣٣١٦٣
١ : ٥٠٠٠	٤٠ر٨٠	٤ر٠٠ «	١٠٠	٣٥٦٧٧

فاذا كان.

ع = طول ذراع الراسم ، ى = محيط العجلة .

ن = عدد اللفات حيث تحتوى كل لفة على ١٠٠٠ وحدة بلانيمترية .

م = مقياس الرسم

وبذلك تكون المساحة

ح = ع . ى . ن لمقياس رسم ١ : ١ بالمتر المربع

ح = ع . ى . ن . (م²) لمقياس الرسم ١ : م

ويكون قيمة العدد الثابت على الخريطة مساويا المقدار = ٢ ع ط نق

وقيمة العدد الثابت الطبيعة = ٢ ع ط نق (م)²

طريقة استعمال البلانيمتر

لايجاد مساحة الاشكال المقفلة

١ — نختار أى نقطة على محيط الشكل المراد إيجاد مساحته بحيث يقطع ذراع الراسم الشكل فى منتصفه تقريبا ويختار موضع القطب فى إمتداد مستوى العجلة أن يكون الذراعان عموديين تقريباً على بعضهما — وعموما يجب ألا تزيد الزاوية بين الذراعين عن ١٥٠ ، ولا يقل عن ٣٠°

٢ — يجرب البلانيمتر بأمر السن المدبب بسرعة على حدود الشكل للتأكد من إمكان إمراره على المحيط بأكمله وللتأكد أيضا من وقوع العجلة دائما على اللوحة .

٣ — تعلم بعد ذلك نقطة البداية ثم يبدأ القياس بإمرار السن المدبب على محيط الشكل فى إتجاه عقرب الساعة وبسرعة منتظمة إلى أن تصل إلى نقطة البداية ثانية .

٤ — ويكرر القياس ثلاث مرات على الأقل وفى كل مرة يستحسن أن يكون القياس تارة بحيث يكون الثقل فيها على يمين ذراع التخطيط ويسمى الجهاز فى هذه الحالة (متيامن) وتارة أخرى يكون الثقل على يسار ذراع التخطيط ويكون الجهاز فى هذه الحالة (متياسر) وفى كل مرة تؤخذ قراءات العجلة قبل وبعد القياس .

وتسمى القراءة الأولى قراءة البداية والقراءة الأخيرة قراءة النهاية .

٥ — نضرب عددمرات الدوران أو وحدات الورنية حسب الحالة فى ثابت

الجهاز أى العـــدد الثابت لوحدة الورنية أو للدورة الواحدة — لنحصل على المساحة المطلوبة (راجع تصميم وقراءة الورنيات — الباب الثامن من هذا المؤلف) .

فاذا كانت القراءة الأولى ن١ والأخيرة هى ن٢ والعدد الثابت المقابل لمقياس رسم الخريطة هو م فتكون المساحة مساوية :

المساحة = م (ن٢ — ن١)

= العدد الثابت المقابل لمقياس الرسم (القراءة الأخيرة — القراءة الأولى)

٦ — يجب ألا تزيد فروق القراءات عموما عن ١ ٪ من الوحـــدات البلانيمترية — ولإمكان حساب الدورات ى أو الوحـــدات البلانيمترية ن نلاحظ أن القرص الأفقى يبين الآلاف من الواحدات البـــلانيمترية بينما تبين العجلة المئات والعشرة منها وتبين الورنية الآحاد .

ففى شكل (٧٥) نجد أن مؤشر القرص يقع بين الرقمين ٦ ، ٧ فيكون الآلاف ٦٠٠٠ وحدة ورنية أو ٦ دورات .

فاذا كان صفر الورنية يبين رقم ٢ وشرطتين فمعنى ذلك أن :

المئات هى ٢٠٠ وحدة ورنية   والعشرات هى ٢٠ وحـدة ورنية

وإذا كان رابع قسم من الورنية ينطبق على أحد أقسام العجلة فالآحاد هو ٤ وحدات ورنية .

وتكون القراءة الكلية هى ٦٢٢٤ وحدة ورنية أو ٦٢٢٤ دورة مـــع

ملاحظة عدد مرات دوران القرص الأفقى فإذا دار القرص الأفقى حول نفسه مرة واحدة فمعنى ذلك أن العجلة دارت ١٠ دورات فتكون القراءة الأخيرة هى ١٦٫٢٢٤ دورة أو ١٦٢٢٤ وحدة ورنية

٧ — احيانا يستعمل الجهاز والثقل داخل الشكل — هذا إذا كانت المساحة المطلوبة كبيرة ومن المتعذر أن تدور إبرة الراسم على محيطها دفعة واحدة — وهذه الطريقة غير مستحبة على الإطلاق حيث يجب أن نضيف دائما إلى وحدات الورنية العدد الثابت القطبى الموجود بجدول البلانيمتر إذا كانت القراءة متزايدة ، أما إذا كانت القراءة متناقصة فيجب طرح فرق القراءتين من العدد الثابت .

٨ — إذا أستعمل البلانيمتر فى قياس مساحة شكل مرسوم بمقياس رسم غير موجود بالجدول فتوجد مساحة الشكل بفرض أنه مرسوم لأحد مقاييس الرسم المبينة بالجدول ثم تحسب المساحة بتطبيق القانون .

$$\text{المساحة الحقيقية} = \text{المساحة الناتجة من البلانيمتر} \left(\frac{\text{مقياس الرسم المفروض}}{\text{مقياس الرسم الحقيقى}} \right)^2$$

أمثلة

مثال (١)

استعمل بلانيمتر فى إيجاد مساحة قطعة أرض مرسومة بمقياس رسم ١ : ٢٥٠٠ ولكن مقياس الرسم هذا لم يكن بالجدول فحسبت المساحة على أساس مقياس ١ : ٢٠٠٠ الموجود بالجدول فكانت ٤٠ فدان فما هى المساحة الحقيقية .

الحل

$$\frac{(\text{المساحة الحقيقية})}{(\text{المساحة الناتجة})} = \frac{(\text{مقياس الرسم المفروض})^2}{(\text{مقياس الرسم الحقيقى})^2}$$

$$\text{المساحة الحقيقية} = \text{المساحة الناتجة} \left(\frac{\text{مقياس الرسم المفروض}}{\text{مقياس الرسم الحقيقى}} \right)^2$$

$$= ٤٠ \; \frac{\left(\frac{١}{٢٠٠٠}\right)^2}{\left(\frac{١}{٢٥٠٠}\right)^2} = ٦٢٫٥٠ \text{ فدان}$$

مثال (٢)

قطعة أرض مرسومة بمقياس رسم ١ : ٣٠٠٠ وكان العدد الثابت = ١ هكتار للدورة لمقياس ١ : ٢٥٠٠ و بعد مرور البلانيمتر على حدود الشكل

كانت القراءة الاولى صفر والأخيرة ٦ر٤٦٨ دورة . ماهى المساحة الحقيقية للارض بالفدادين .

الحل

المساحة المقيسة = ٦ر٤٦٨٠ × ١ = ٦ر٤٦٨ هكتار .

الهكتار = ٢ر٣٩ فدان

∴ المساحة المقاسة بالفدان = ٦ر٤٦٨ × ٢ر٣٩ = ١٥ر٠٥٦ فدان

المساحة الحقيقية = ١٥ر٤٠٥٨ × $\frac{2000^2}{2500^2}$

= $\frac{15.4058 \times 2^2}{2.5^2}$

= ١٥ر٤٠٥٨ × ١ر٤٤ = ٢٢ر٢٦٠ فدان

مثال (٣)

أريد حساب مساحة قطعـــة أرض مبينة على خريطة زراعية بإستخدام البلانيمتر ـــ فوجد فى الجدول المرفق أمام مقياس الرسم ١ : ٢٠٠٠ أن العدد الثابت هو ٤٠ م^2 لكل وحدة ورنية ، وبعد ضبط طول الذراع المعطى بدأت القياس حيث كانت قراءة العجلة ١ر٦١٧ وبعد المرور على حدود الشكل ثلاث مرات كانت القراءة الأخيرة هى ٠٨٤٠ر٠ ماهى المساحة الفعلية للارض

بالهكتار ؟ لو كان مقياس الرسم للخريطه الزراعيه الموجود أمامه بالجدول أن العدد الثابت هو ٤٠م٢ لكل وحدة ورنيه . فما هى النسبه بين طول الذراع فى الحالتين ؟

الحل

مقياس رسم الخريطة الزراعية هو ١ : ٢٥٠٠

القراءة الأولى قبل البدء فى العمل = ١٫٦١٨

القراءة الأخيرة بعد ٣ دورات = ٤٫٨٤٠

الفرق = ٣٫٢٢٢ وهى تمثيل ٣ دورات حول الشكل

مساحة الشكل بالوحدات البلانيمترية = $\frac{٣٫٢٢٢}{٣}$ = ١٫٠٧٤

= ١٠٧٤ وحدة

المساحة بالأمتار المربعة = ١٠٧٤ × ٤٠ = ٤٢٩٦٠م٢

$$\frac{\text{الفعلية الفعلية}}{\text{المساحة المقاسة}} = \left(\frac{٢٥٠٠}{٢٠٠٠}\right)^٢$$

المساحة الفعلية $= ٤٢٩٦٠ \left(\frac{٢٥٠٠}{٢٠٠٠}\right)^{٢}$

$= ٦٧١٣٥$ م^{٢} $=$ ٦٫٧١٣٥ هكتار

العدد الثابت على الخريطة $= ٢$ أ ط ق

حيث : أ $=$ طول الذراع ط $=$ النسبة التقريبية

ق $=$ نصف قطر العجلة

العدد الثابت المناظر فى الطبيعة $=$ العدد الثابت على الخريطة (مقياس الرسم)^{٢}
فى الحالة الأولى .

٤٠ م^{٢} $= ٢$ أ$_{١}$ ط ق $(٢٠٠٠)^{٢}$

فى الحالة الثانية

٥٠ م^{٢} $= ٢$ أ$_{٢}$ ط ق $(٢٥٠٠)^{٢}$

$$\frac{أ_{١}}{أ_{٢}} = \frac{٤٠ \, (٢٥٠٠)^{٢}}{(٢٠٠٠)^{٢} \times ٥٠} = ١٫٢٥$$

تقسيم الإراضى

تقسيم الاراضى عملية الغرض منها تقسيم أى قطعة من سطح الارض إلى أقسام متساوية أو متناسبة لمقادير معلومة لظروف خاصه كتقسيم أرض بين شريكين أو أكثر بصفة ميراث أو لأغراض زراعية أو غير ذلك ولهذه العملية خطرها فى حل المشاكل بين الشركاء . ويجب فى جميع الاحوال أن تقدر كل الظروف المحيطة بالشركاء وأن تؤخذ فى الإعتبار نوع التمليك وحقوق الارتفاق وقيمة ثمن الأراضى وكذلك المنافع العامة مثل الترع والطرق العمومية ، وعموما يجب مراعاة النقاط الآتيه :

١ — إذا أشتملت الأرض على فم ترعه فتقسم الأرض بحيث ينتفع بها الشركاء جميعا .

٢ — إذا كانت الأرض واقعة على طريق فيجب أن يعطى لكل قسم نصيبه فى المرور فى الطريق مناسبا لمساحته .

والطرق العملية لتقسيم الأرض هى :

١ — الطريقه الحسابية .

٢ — الطريقه التخطيطية .

وقد تستعمل أحيانا الطريقتين معا وتسمى حينئذ بالطريقه النصف حسابية .

١ — الطريقة الحسابية

تقاس الأبعاد الطبيعيه اللازمه لإيجاد مسطح المنطقه المراد تسمتها ، ثم يقسم

المسطح إلى أجزاء مناسبة لمقادير أنصبة المتقاسمين ، ثم تعين الإتجاهات المحددة لأنصبتهم على الأرض بواسطة علامات التحديد ، ثم يعمل كشف تفصيلي ببيان الحدود ومساحة كل قسم .

٢ — الطريقة التخطيطية

ترفع أولا القطعة المراد تقسيمها بأى طريقة من طرق المساحة ثم تقسم الخريطة بالطرق الهندسية إلى أجـزاء مناسبة لمقادير أنصبة المتقاسمين . وبعد المراجعة تعين الإتجاهات المحددة الأنصبة على الأرض مطابقة للخريطة بنسبة مقياس الرسم وتوضع فى الحدود علامات ثابتة .

وبما أن مسائل تقسيم الأراضى لا يتأتى حصرها إذ أن كل مسألة لها حالات خاصة سنذكر بعضا منها لقياس عليه ما يكون مشابها لها . والتقسيم عادة يكون أما للحصول على مساحة معينة أو للحصول على خط تحديد ملكية معين . وغالبا ما يطلب أن يكون التقسيم مارا بأحد المعالم أو حاويا أحد الواجهات كما سنرى فى الأمثلة الآتية :

مثال ١ :

المطلوب تقسيم قطعة أرض ا ب حـ مثلثية الشكل إلى قسمين بنسبة ٣ : ٤ وتستفيد كلا القطعتين من الطلمبة الواقعة عند النقطة ا . شكل (٧٧)

الحـل

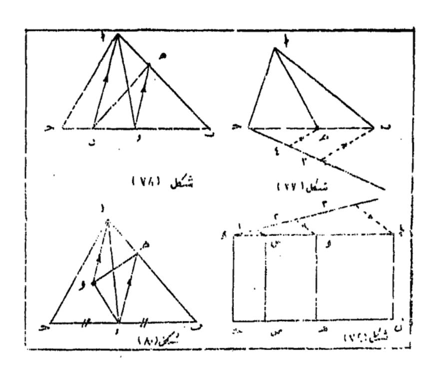
تقسم ب حـ بنسبة ٣ : ٤ بالرسم فى النقطة هـ فيكون ا هـ هو خط التقسيم المطلوب شكل (٧٧) .

مثال ٢ :

المطلوب تقسيم قطعة أرض مثلثة الشكل ا ب حـ إلى قسمين متساويين بمستقيم يمر بفم الترعة الكائنة عند النقطة هـ الواقعة على الضلع ا ب

الحل

تنصف ب حـ بنقطة ء ، ثم نصل ا ء ، هـ ء ، من ا نرسم مستقيما ا ن يوازى هـ ء ثم هـ ن فيكون هـ ن خط التقسيم المطلوب شكل (٧٨)



مثال ٣ :

قطعة أرض مستطيلة الشكل ا ب حـ ء يراد تقسيمها إلى ثلاثة أقسام بنسبة

١ : ٢ : ٣ إذا كان ب حـ موقع ترعة عمومية ، ا ى مصرف عمومى .

الحـل

تقسم الضلع ا ى إلى أقسام بنسبة ١ : ٢ : ٣ فى النقط س ، و ونرسم من س ، و المستقيمين س ص ، و هـ يوازيان الضلع ى حـ فتكون المستطيلات

س ى حـ ص ، و س ص هـ ، ا و هـ ب

هى الأقسام المطلوبة شكل (٧٩)

مثال ٤ :

قطعة أرض مثلثية الشكل ا ب حـ يراد تقسيمها إلى قسمين متساويين بحيث تستفيد كلا القطعتين من الطلمبة (و) الواقعة داخل المثلث (شكل ٨٠) . اصل و بأحد رؤوس المثلث ا ، تنصف الضلع المقابل ب حـ فى نقطة مثل ى ، نرسم من ى المستقيم ى هـ يوازى ا و ليقطع ا ب فى هـ — ونصل هـ و فيكون لدينا الشكل ب هـ و ى = نصف مساحة ا ب حـ ، ويكون الحدان هـ و ، و ى هما حد التقسيم المطلوب .

مثال ٥ :

قطعة أرض ا ب حـ مثلثية الشكل يراد تقسيمها إلى ثلاثة أقسام متساوية وبحيث أن كل ضلع من أضلاع المثلث ا ب حـ يكون حداً لقطعة واحدة فقط من الثلاث قطع المتساوية .

يقسم الضلع ب حـ إلى ثلاثة أقسام متساوية هى ب س ، س ص ، ص حـ

ثم نرسم من س المستقيم س م يوازى ا ب ومن ص نرسم المستقيم ص م يوازى ا حـ فيتقابلان فى النقطة م نصل م ا ، م ب ، م حـ فتكون المثلثات ا ب م ب حـ م ، حـ ا م هى الأقسام المتساوية المطلوبة شكل (٨١) .

مثال ٦ :

قطعة أرض ا ب حـ مثلثة الشكل يراد تقسيمها إلى ثلاثة أقسام متساوية علماً بأن ا ب ، ا حـ طريقين ويراد أن تكون كل قطعة تطل على الطريقين .

نرسم الدائرة التى قطرها ا حـ شكل (٨٢) .

يقسم ا حـ ثلاثة أقسام متساوية بالنقط و ، هـ

يقام من هـ ، و العمودين هـ ص ، و س على الضلع حـ فيقابلا محيط الدائرة فى النقطتين ص ، س ثم نركز بالفرجـــار فى النقطة ا ، و وبفتحة تساوى ا ص نرسم قوسا يقطع ا حـ فى ل ، وبفتحة تساوى ا س نرسم قوسا يقطع ا حـ فى م .

مثال ٧ :

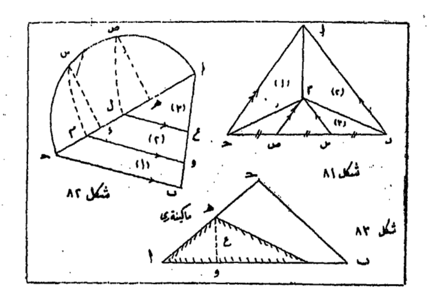
ا ب حـ قطعة أرض زراعية والنقطة هـ على ا ب هى موقع ماكينة رى يراد أستقطاع مساحة تساوى ½ المساحة الكلية بحيث تشمل الحدين ا ب ، ا حـ وتستفيد كلا القطعتين من ماكينة الرى .

خطوات العمل :

ه نسقط العمود هـ ل على ا حـ ، ويقاس طوله وليكن ع شكل (٨٣) .

ولنعين و على الضلع ا هـ بحيث أن :

$$\text{ا و} = \frac{\text{٢ المساحة المطلوبة}}{\text{ع}}$$

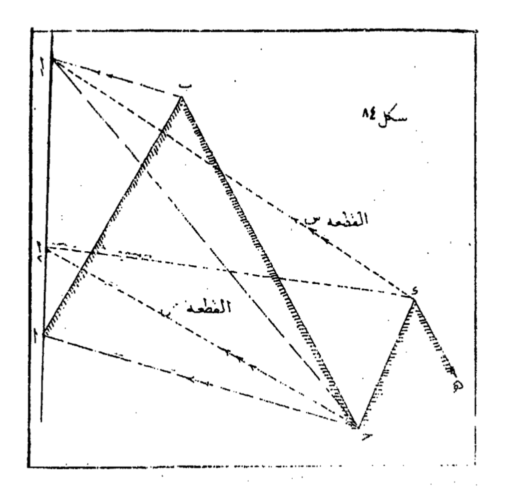


تعديل فصل الحدود

يحتاج الأمر فى بعض حالات التقسيم وغيرها إلى مراجعة مواقع الحدود بين الأراضى المتجاورة ويتم ذلك بقياس الحدود على الطبيعة ومقارنتها بالخرائط المساحية ثم تصحح هذه الحدود . وكثيرا ما يكون الحد بين ملكيتين متعرجا مما يسبب متاعب لكلا من المالكين ولذلك يحسن بموافقة الطرفين أن يعدل الحد المنكسر بحد آخر مستقيم بحيث تحفظ كل من القطعتين على جانبى خط التعديل تساوى المساحة المأخوذة منها .

ولتنفيذ ذلك توجد عدة طرق ويسرف لتناول منها طريقة سهلة التنفيذ كما في المثال الآتي :

نفرض أنه لدينا ا ب حـ ء هـ حد متكسر بين القطعتين س ، ص شكل



(٨٤) . والمطلوب هو تعديل الحد المتكسر بخط مستقيم بحيث يحتفظ كل مالك بمساحة قطعته الأصلية .

خطوات العمل :

أولاً — اصل الخط ا حـ ومن ب ترسم مستقيماً ب ا، يوازى ا حـ واصل ا، حـ

فيكون الحد ا ﺣ حدا بديلا للحدين ا ب ، ب ﺣ شكل (٨٤) .

٢ — وبنفس الطريقة نصل الخط ء ا ومن ﺣ نرسم ﺣ ا، يوازى الخط ء ا، فيكون الحد ء ا، بديلا للثلاث حدود ا ب ، ب ﺣ ، ﺣ ء .
وبذا نكون قد حصلنا على حد مستقيم بدلا من الحدود المتكسرة .

وإذا كانت الحدود الفاصلة بين القطعتين منحنية فيمكن اللجوء إلى توقيع خط تقريبى يفصل بين القطعتين ثم يتم حساب المساحات المضافة والمقتطعة بإعتبار أن الخط التقريبى هو خط تعديل الحدود .

ومن مقارنة المساحات المضافة والمقتطعة يمكن إزاحة الخط المقترح أو تعديله بحيث تكون المساحات المضافة والمقتطعة متساوية .

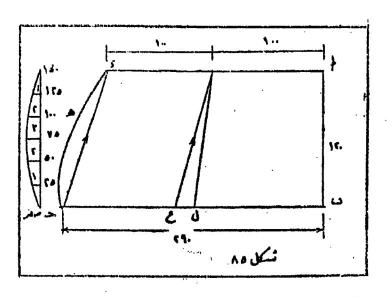
مثال ٨ :

قطعة أرض رباعيــــة الشكل ا ب ﺣ ء المبينة بالشكل يراد تقسيمها إلى قسمين متساويين فى المساحة بحيث يمر خط التقسيم بطلبة المياه الواقعة فى منتصف الحد (ا ء) .

علماً بأن ا ب = ١٢٠ مترا ، ﺣ ب = ٢٩٠ متراً ، ا ء = ٢٠٠ مترا

والزاوية $\hat{ا}$ = $\hat{ب}$ = ٩٠° والحد ﺣ ﻫ ء منحنى مبين بصحيفة جدول الغيط .

أوجد مساحة كل جزء وكذلك بعد نهاية خط التقسيم عن نقطة ب .



شكل ٨٥

الحل

مساحة الشكل ا ب حـ ء (شبه منحرف)

$$= \frac{٢٠٠ + ٢٩٠}{٢} \times ٢٩٤٠٠ \text{ م}^٢$$

مساحة الشكل ء هـ حـ شكل (٨٥) يمكن إيجـــادها بأكثر من طريقة وباستخدام طريقة سمسون فإن :

المساحة $= \frac{س}{٣}$ (العمود الأول + العمود الأخيرة + ضعف الأعمدة الفردية + أربعة أمثال الأعمدة الزوجية) .

$$= \frac{٢٥}{٣} (\text{صفر} + \text{صفر} + ٢ (٢ + ٢) + ٤ (١ + ٣ + ١))$$

$$= \frac{٢٥}{٣} (٢ \times ٤ + ٤ \times ٥) = \frac{٢٥}{٣} (٨ + ٢٠) = ٢٣٣ \frac{١}{٣} \text{ م}^٢$$

∴ المساحة الكلية = ٢٩٤٠٠ + ٢٣٣ $\frac{1}{3}$ = ٢٩٦٣٣ $\frac{1}{3}$ م٢

مساحة كل قسم = $\frac{\text{المساحة الكلية}}{٢}$ = ١٤٨١٦٫٦ م٢

ثم ننصف الضلع ب حـ بنقطة مثل ل ثم نصل و ل فتكون

مساحة الشكل ا ب ل و = مساحة الشكل و ل حـ ء

لنفرض أن النقطة ع هي نقطة التقسيم وأن الخط و ع هو خط التقسيم فتكون مساحة المثلث و ل ع = نصف مساحة الجزء المنحنى حـ هـ ء

$$\frac{\text{ل ع} \times ١٢٠}{٢} = \frac{٧٠٠}{٣} \times \frac{١}{٢}$$

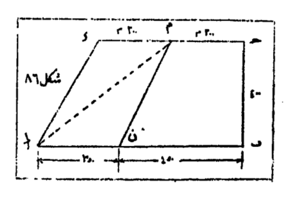
$$\text{ل ع} = \frac{٧٠٠}{٣٦٠} = ١٫٩٤٤ \text{ متر}$$

بعد نهاية خط التقسيم من نقطة ب = ١٤٥ + ١٫٩٤٤
= ١٤٦٫٩٤٤ متراً

مثال ٩ :

قطعة أرض على هيئة شبه منحرف ا ب حـ ء شـــكل (٨٦) فيه ا ب = ٨٠٠ م ، حـ ء = ٦٠٠ ، ب حـ عمودى على كل من ب ا ، حـ ء وطوله ٤٧٠ م ، يراد تقسيم هذه القطعة إلى جزئين بحيث تكون أحـــدهما

١٣ هكتار وتحوى الواجهتين م و ، و ا حيث م منتصف الضلع ـه و ، على أى بعد من ا تقع نقطة التقسيم ن ؟ .



الحل

المساحة الكلية $= \frac{٨٠٠ + ٦٠٠}{٢} \times ٤٠٠$

$=$ ٢٨٠٠٠٠ م^{٢} = ٢٨ هكتار

نفرض أن ن هى نقطة واقعة بين ا ، ب بحيث تكون المساحة م و ا ن = ١٣ هكتار شكل (٨٦) .

والمطلوب هو إيجاد نقطة ن

مساحة المثلث م و ا $= \frac{٤٠٠ \times ٣٠٠}{٢} =$ ٦٠٠٠٠ م^{٢} = ٦ هكتار

مساحة الجزء م ن ا $= \frac{ا ن \times ٤٠٠}{٢}$

$$\text{٧٠٠٠٠ م}^{٢} = \frac{\text{ا هـ} \times ٤٠٠}{٢}$$

$$\text{ا هـ} = \frac{٢ \times ٧٠٠٠٠}{٤٠٠} = \text{٣٥٠ مترا}$$

أى أن هـ تقع على بعد ٣٥٠ متراً من نقطة ا .

تمارين

١ — قطعة أرض لها ثلاثة حدود مستقيمة ا ب ، ب حـ ، حـ ى أما الحد الرابع فهو متعرج ، ا ب = ٤٢٢ مترا ، ب حـ = ٦٤٠ مترا ، حـ ى = ٤٥٦ مترا ، ا ى = ٧٩٨ مترا ، ا حـ = ٨٤٢ مترا والإحداثيات العمودية على ا ى إلى الخـــارج للحد المتعرج هى صفر ، ١٢ ، ٤ ، ١٩ ، صفر عند المسافات صفر ، ١٥٠ ، ٣٣٠ ، ٤٣٤ ، ٧٩٨ مترا من النقطة ا ، أحسب مساحة هذه القطعة .

الجواب (المساحة = ٣١٧٤٤٥ متر مربع)

٢ — مضلع إحداثيات رؤوسه هى :

النقطة	١	٢	٣	٤	٥	٦
س	صفر	٢١ر٦١	١٢ر٢٤	١٦ر١٣	٢٨ر٦٨	١١ر٠٧
ص	صفر	٢٥ر٣٢	٥٤ر٣٢	٨٢ر٨٤	٤٩ر٦٢	١٠ر٤٨

عين المساحة المحصورة داخل المضلع بثلاث طرق تعرفها .

الجواب (المساحة = ٢٢٩٢ر٠٢ متر مربع)

٣ — قطعة أرض مثلثية الشكل أطوال أضلاعه ٤٦ر٥٣ ، ٦٣ر١٢ ، ٢٥ر٨١ عين مساحتها .

الجواب (١٨٢٢ر٢ م^{2})

٤ — قطعة أرض على هيئة مثلث مساحتها ٨ أفدنة فإذا كانت ء منتصف الحد ب حـ فما هو طول الحد ا ب إذا كانت الزاوية ا ء حـ = ٧٤° ،
ا ب = ٨٠ متر

٥ — أريد قياس مساحة قطعة أرض مبينة على خريطة زراعية باستخدام البلانيمتر ووجد فى الجدول المرفق لمقياس الرسم ١ : ٢٠٠٠ أن العدد الثابت = ٤٠ م٢ لوحدة الورنية وبعد ضبط الذراع المعطى بدأت القياس وكانت قراءة البلانيمتر ١٫٦٦٨ دورة ، وبعد المرور على حدود الشكل أربعة مرات كانت القراءة الأخيرة ٥٫٢٣٩ دورة — ماهى المساحة الفعلية للأرض بالهكتار .

٦ — أريد قياس مساحة قطعة أرض مبينة على خريطة زراعية — باستخدام جهاز البلانيمتر ووجد فى الجدول المرفق أن العدد الثابت = ٣٠ متر مربع لكل وحدة ورنية لمقياس ١ : ١٠٠٠ — وكانت قراءة الجهاز الأولية هى ٢٫٧١٢ وبعد المرور على حدود الشكل ٥ مرات كانت القراءة النهائية ٤٫٨٨٧ — ما هى المساحة الفعلية للأرض بالفدان وكسوره ؟

٧ — إذا كان العدد الثابت فى جهاز البلانيمتر ك = ١٠ م٢ لوحدة الورنية لمقياس ١ : ١٠٠٠ وكان طول الذراع المعطى هو ٢٫٣٢٧ مم وبعد ضبط هذا الطول أردت أختبار هذا الجهاز وذلك بقياس مساحة مستطيل أبعاده ٤ × ٥ سم على الخريطة بمقياس ١ : ١٠٠٠ وذلك بتمرير البلانيمتر على حدود المستطيل خمسة مرات فكانت القراءات كالآتى :

٨ — ا ب حـ ء قطعة أرض فيها كل من الحدين ا ب ، حـ ء عبارة عن أقواس دائرية متحدة المركز وكان ا ء = ب حـ = ١٠٠ متر فإذا

أريد تقسيم هذه الأرض إلى جزئين متساويين بالحد هـ والذى طوله ١٥٠ مترا (هـ على ا ب ، وعلى حـ ء) فعين الزوية بين ا ء وامتداد هـ و وكذلك موضع هـ و علماً بأن :

طول القوس حـ ء = ٦١٥ مترا

انحراف حـ ب = ٢٨°

انحراف ء ا = ٣٣٢°

٩ — قوس دائرى عليه ثلاث نقط ا ، ب ، حـ فإذا كانت المسافات المستقيمة ا ب = ١٠٠ ، ا حـ = ١٥٠ ، ب حـ = ١٧٥ مترا فأوجد مساحة القطعة ا ب حـ .

١٠ — مثلث ا ب حـ مساحته ٤ هكتار فيه الضلع ب حـ = ٢٠٠ مترا ل بالنسبة بين الحدين ا ب إلى ا حـ كنسبة ٢ : ٣ أوجد أطوال حدود القطعة وكذلك زواياها .

١١ — أرض مربعة الشكل طول ضلعها ١٠٠ مترا — يراد إنشاء طريق فى إتجاه قطر المربع بحيث لا تزيد مساحة الطريق عن $\frac{1}{4}$ مساحة القطعة الكلية — عين عرض الطريق .

١٢ — قطعة أرض مستطيلة الشكل ا ب حـ ء يمتلكها إخوان ، فيها الضلع ا ء = ٨٠ مترا ، ا ب = ٦٠ مترا — ويوجد عند حد القطعة ا ء وعلى بعد ١٩ مترا من ء حصان مربوط بحبل طوله ٣٨ مترا — ويمتلك الحصان أحد الأخوين — والقطعة مقسمة ١ : ٤ بين الأخوين — وصاحب الحصان له النصيب الأصغر — فهل يرعى الحصان فى مساحة (حسب أقصى

ما يسمح له الحبل المربوط به) تجاوز مساحة ما يملكه صاحبه أم لا وما هو مقدار هذا التجاوز ؟

١٣ — الحدان حـ ١ ، حـ ب لقطعة أرض إنحرافهما الدائرى هو ٢١٠° ، ٣٣٠° على الترتيب يراد أستقطاع مساحة قدرها ٦٠٠٠ متر مربع بخط موازيا لإتجاه الشمال — أوجد طول الحد على ب حـ وهو يساوى الحد على ١ حـ .

١٤ — قطعة أرض على هيئة شبه منحرف ١ ب حـ ء فيها ١ ب // حـ ء ، ب حـ عمودى على كل من حـ ء ، ١ ب والأطوال هى :
حـ ء = ١٦٠٠م ، ب حـ = ٤٠٠م ، ب ١ = ٨٠٠ م لقطعة م تنصف حـ ء والمطلوب اقتطاع ١٢ هكتار تحوى م ء ، ء ١ . فعلى أى بعد من ١ تقع نقطة التقسيم .

١٥ — نفق مقطعة عبارة عن مستطيل يعلوه قطعة دائرية فإذا كان إرتفاع المستطيل ٥ أمتار وعرضه ١٢ متر وأقصى ارتفاع للنفق ٧٫٢٠ متر فعين مساحة مقطعه لأقرب متر مربع .

١٦ — ما هى نسبة الخطأ فى المائة فى إعتبار أن مساحة الدائرة المـــارة برؤوس شكل منتظم ذى ٢٠ ضلعا تساوى مساحة الشكل المنتظم نفسه .

١٧ — قطعة أرض مستطيلة الشكل ١ ب حـ ء فيها ١ ب = ٣٦٠ مترا ، ب حـ = ٢١٠ مترا — ويراد تقسيمها بنسبة ٣ : ٥ بحيث يمر خط التقسيم بنقطة م الواقعة على الضلع ء حـ وتبعد ٢٫٦ مترا من حـ — على أى بعد من الرأس ب تقع نقطة التقسيم .

الجواب (النقطة هـ تقع على بعد ٢٣٤ مترا من ب)

١٨ — قطعة أرض مثلثية الشكل ١ ب حـ = ١ ب = ١٢٠ مترا

ويراد إقتطاع القطعة المثلثية ا ء هـ (ء على ا حـ ، هـ على ا ب بحيث ا ء = ١٥٠ مترا) بحيث تكون مساحتها ¼ المساحة الكلية . عين نقطة التقسيم هـ عين النقطة ب .

١٩ — قطعة أرض مربعة الشكل ا ب حـ ء يراد قياسها لتعيين مساحتها فأخذت نقطة هـ على ب حـ ونقطة و على حـ ء وقيست الأبعاد الثلاثة ا هـ = ٢٠٠ متر ، هـ و = ١٥٠ متر ، ا و = ٢٥٠ متر — فما هو طول ضلع المربع .

٢٠ — ا ب حـ مثلث فيه هـ نقطة على ا ب بحيث أن ا هـ = ٣٠٠ متر هـ و = ٦٠٠ م فإذا أقيم العمودان هـ ء ، هـ و على ا حـ ب ء على الترتيب وكان مجموع العمودان هـ ء ، هـ و هو ٥٤٠ والزاوية حـ فى المثلث هى ١٢٠° — عين مساحة المثلث والشكل الرباعى حـ ء هـ و .

٢١ — ا ب حـ قطعة مثلثية قائمة الزاوية فى ب ، ا ب = ٤٠٠ م ، ب حـ = ٣٠٠ م ويراد تقسيم القطعة إلى قسمين متساويين بحيث يوازى خط التقسيم ء هـ الحد حـ ا وينتهى الطريق عند حد التقسيم ء هـ أوجد كل الأبعاد اللازمة للتقسيم .

٢٢ — حد متعرج يفصل بين قطعتين أرض يتكون من ستة خطوط تكون فيما بينها ٥ مثلثات متساوية الأضلاع طول كل منها ١٢٠ متر . عين طول وانحراف الحد المستقيم بدلا من هذه الحدود السقة .

٢٣ — ا ب حـ ء قطعة أرض مربعة الشكل يراد إقتطاع جزء منهـا لعمل طريق يمر حداه الخارجيان بالنقطتين ب ، ء فإذا كان عرض الطريق

هو ١٦ مترا وطول ضلع المربع هو ٢٥٦ مترا فما هى نسبة المساحة المقتطعة لإنشاء الطريق ؟

٢٥ — مضلع مركبات أضلاعه هى :

ا ب ٢٥٠ شمالا ، ٣٥٠ شرقا

ب حـ ٦٠٠ جنوبا ، ٥٥٠ شرقا

حـ ء ٢٥٠ جنوبا ، ٤٥٠ غربا

ء هـ غربا تماما ، هـ ا شمالا تماما

عين مساحة هذا المضلع لأقرب فدان إذا كانت المركبات بالأمتار .

وإذا أريد أقتطاع الجزء ا ء هـ فما هى نسبة المساحة المستقطعة ؟ .

٢٦ — قطعة أرض على هيئة شكل رباعى ا ب حـ ء فيه ا ب = ٢٠٠ ، ب حـ = ٦٠ ، حـ ء = ١٤٠ ، ء ا = ١٢٠ والزاوية ا = الزاوية حـ .
عين مساحتها إلى أقرب متر مربع .

الباب السادس

الميزانية

الميزانية من العمليات المساحية الهامة والأساسية لكل المشروعات الهندسية إذ أننا نحتاج إليها فى أغراض كثيرة مثل الانشاءات الهندسية وإنشاء وتصميم الطرق والجسور وعمليات تطهير الترع والمصارف وتسوية وحصر الأراضى .

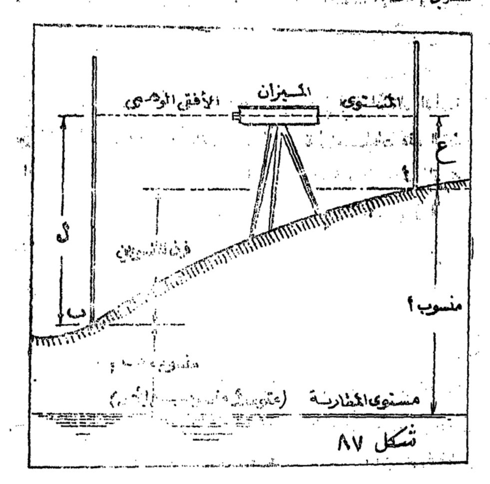
والميزانية هى ذلك الفرع من المساحة الذى يبحث فى إيجاد الأبعاد الرأسية بين النقط المختلفة على سطح الأرض . ثم مقارنة إرتفاعات هذه النقط وإنخفاضاتها عن مستوى ثابت هو مستو المقارنة . وكما ذكرنا فإن مستو المقارنة فى مصر هو متوسط منسوب سطح البحر داخل ميناء الاسكندرية فى البحر الأبيض المتوسط .

منسوب النقطة :

يعرف البعد الرأسى بين أى نقطة على سطح الأرض وبين مستوى المقارنة بمنسوب هذه النقطة — وهو موجب إذا كانت النقطة فوق مستوى المقارنة وسالبا إذا كان تحت مستوى المقارنة . والنقط ذات منسوب صفر هى النقط الواقعة على امتداد مستو سطح البحر شكل (٨٧) .

نظرية الميزانية :

لقياس الفرق بين إرتفاعى نقطتين مثل ا ، ب وإيجاد الفرق بين منسوبيهما شكل (٨٧) نعين مستو أفقى وهمى بجهاز يسمى الميزان ثم نقيس البعد الرأسى بين كل من ا ، ب وهذا المستو الأفقى الوهمى بواسطة مقياس مدرج يسمى القيامة ولنفرض أنهما (ع ، ل) ، الفرق بين هذين البعدين يساوى الفرق بين منسوبى ا ، ب.



شكل ٨٧

علامات الميزانية (الروبير) :

لإيجاد منسوب أى نقطة يجب أن نبدأ من مستوى المقارنة وهو سطح البحر وغالبــا ما يتعذر ذلك ، وسبيلا لذلك فقد ثبتت نقط فى الطبيعـــة

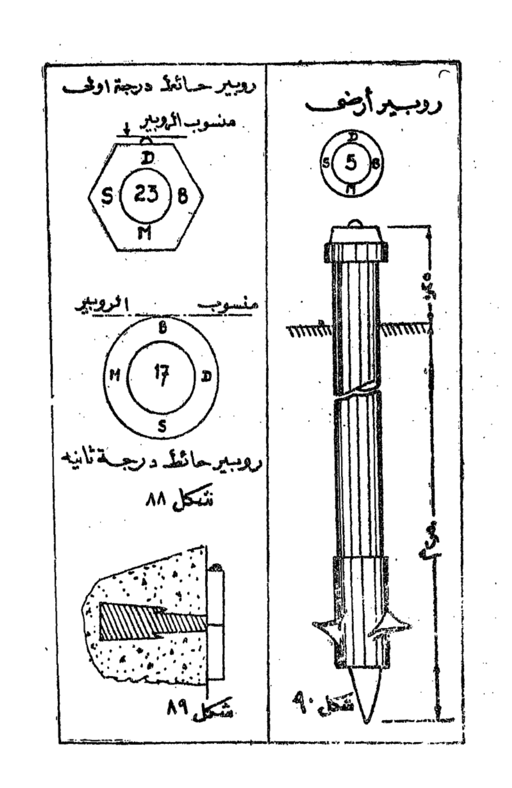
وعينت مناسيبها ووضعت عند كل نقطة علامة تميزها بواسطة مصلحة المساحة ، ومثل هذه النقط الثابتة تسمى بعلامات الميزانية أو بالروبير وجميع الروبيرات موضوعة على الترع والمصارف والجسور ، وفى المدن تثبت فى حوائط المبانى يكون مضى على إنشائها فترة طويلة حتى تتأكد من تمام هبوطهـــا فى التربة تحت تأثير أوزانها ، الروبيرات نوعان :

روبير الحائط :

ويختلف شكله حسب دقة الميزانية عند تعيين منسوبه فيكون على شكل أسطوانة حديد مثبتة فى حوائط المبانى الروبيرات بالدرجة الثانية (وفيها يكون المنسوب بدقة السنتيمترات) ونحوعلى رأس مسدسة فى أعلاها نصف كرة صغيرة لروبيرات الدرجة الأولى التى يعطى المنسوب فيها بدقة المليمتر شكل (٨٨) ويثبت الروبير بالخرسانة فى الحائط شكل (٨٩).

روبير الاراضى .

هو عبارة عن مواسير من الحديد قطرها ٦ سم وطولهـا ٢٫٧٥ مترا ومثبتة فى الأرض بواسطة بريمة . وأعلا نقطة هى المعلومة المنسوب والجزء البارز منها فوق سطح الأرض طوله ٢٥ سم شكل (٩٠). وجميع هذه الروبيرات ومناسيبها معطاة فى كتيبات خاصة تصدرها مصلحة المساحة الجدول الآتى يبين إحـــدى صفحات كتيب مناسيب مدينة الاسكندرية .



شكل ٨٨

شكل ٨٩

شكل ٩٠

رقم الروبير	المواقع والوصف	المنسوب بالمتر
٢٢٣	يقع بطريق الحرية روبير مثبت فى الزاوية الشمالية الشرقية لبناء شركة مياه الاسكندرية حيث طريق الحرية بمسافة ٨٠ مترا تقريبا	(١٣٫٦٦٨)
٢٢٤	قع بشارع مارك أوريل روبير مثبت فى الزاوية الجنوبية الغربية لمنزل رقم ٣١ الواقع بطريق الحرية عند تقابلة بشارع مارك أوربيل أمام المستشفى اليونانى	(١٣٫٨٢٩)
٢٢٥	يقع بطريق الحرية روبير مثبت فى الزاوية الجنوبية الشرقية لبناء نقطه بوليس الإبراهيمية الواقعة بطريق الحرية عند تقابله بشارع الأمير محمد على إبراهيم	(٤٫٣٦٥)

الاجهزة المستخدمة فى الميزانية

الأجهزة الأساسية المستعملة فى عمليات الميزانية

١ — القامات　　　　٢ — الميزان

أولا القامات :

القامة هى عبارة عن مقياس بطول ٣ - ٤ متر مصنوعة من خشب عليه طبقة سميكة من الطلاء لحفظه من العوامل الجوية، وهى مدرجة إلى أمتار وديسيمترات وسنتيمترات ، وتطلى أقسام التدريج بلونين مختلفين للتمييز بينهما وتوجد شرطة أو علامه عند كل ديسمتر حيث يكتب الديسمتر ١ ، ٢ ، ٣ وهكذا وأحيانا تثبت فى ظهر أو جانب القامة ميزان تسوية دائرى صغير حتى يمكن جعل القامة رأسية تماما أثناء العمل .

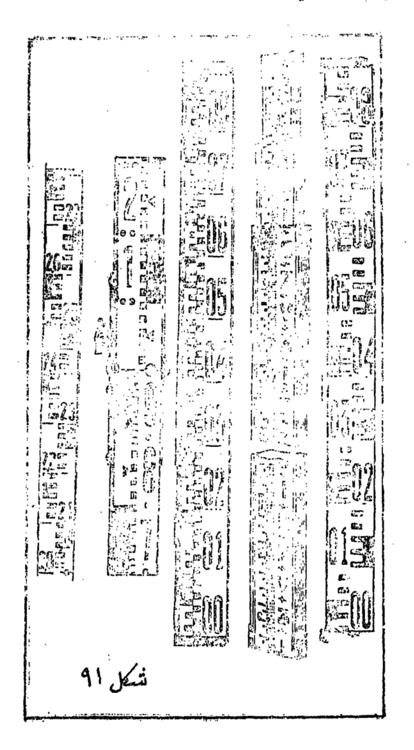
ولتوضيح الأمتار توجد طرق مختلفة فمثلا توضع أحيانا نقط أعلى الرقم الدال على الديسيمتر ويكون عدد النقط مساويا عدد الأمتار المقاسة .

وهناك أنواع كثيرة من القامات منها القامات العادية والقامات المتداخلة والتى يطلق عليها القامات التلسكوبية والقامات التى تطوى وفى شكل (٩١) مبين نماذج مختلفة من القامات المستخدمة فى الميزانية العادية .

طريقة قراءة القامه :

وفى بعض الأجهزة تظهر صورة القامة مقلوبة داخل المنظار ، والقامة توضع دائما على النقط بحيث يكون صفر التدريج على النقطه المطلوب قياس منسوبها بمعنى أن القراءة تتزايد عليها من أسفل إلى أعلى، وفى المنظار يظهر العكس فتتزايد القراءة من أعلى إلى أسفل لذا يجب مراعاة ذلك عند تقدير القراءة على القامة بالجهاز خاصة وإذا كانت المسافة بين الجهاز والقامة صغيرة ، حينئذ يظهر جزء صغير من القامة فى المنظار شكل (٩٢) فتحدد القراءة بمعرفة إتجاه التزايد أولا

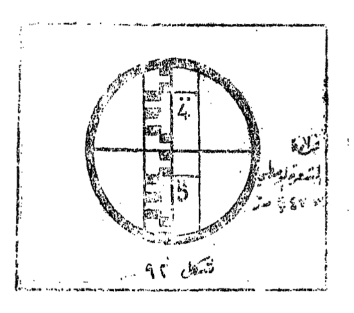
ثم بتحديد عدد النقط الدالة على الأمتار ثم بتحديد قراءة الشعرة الوسطى من ديسمترات وسنتيمترات



شكل ٩١

فنجد مثلا فى شكل (٩٢) أن قراءة القامة هى ١٠٢١,٢ مترا .

ويجب مراعاة أنه فى بعض الأجهزة الحديثة تظهر الصورة فى المنظار معتدلة مباشرة وفى هذه الحالة تكون القراءة على القامة متزايدة من أسفل إلى أعلى .



شكل ٩٢

الفاعدة الحديدية :

أحيانا ما تجرى عمليات الميزانية فى أراضى طينية لينة فنجد أن القامة تغوص فى الأرض وتختلف لذلك القراءات المأخوذة على القامة عن القراءات الحقيقية الواجب قراءتها . ولهذا السبب نستعمل قاعدة حديدية مستديرة الشكل وبشكل رأس من رؤوسها قائم مدبب عمودى على مستوى القاعدة شكل (٩٣) وبوضع هذه القاعدة تحت القامة لاتغوص فى الأرض الرخوة ، وبذا نحصل على القراءات الحقيقية المطلوبة .



شكل ٩٣

ثانيا . الموازين

الموازين هى الأجهزة التى يمكن بواسطتها الحصول على مستوى أفق وهمى وذلك بأن نحصل على خط نظر أفقى مهما دار الجهاز حول محوره الرأسى ، ويقطع هذا المستوى الوهمى القامات فى القراءات المطلوبة ومنها نستنتج مناسيب وفروق الأبعاد الرأسية للنقط المختلفة الموضوعة عليها القامات .

ويتكون أى ميزان مهما كان نوعه من ثلاثة أجزاء رئيسية :

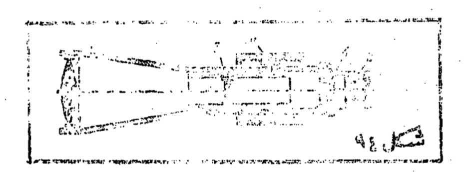
(ا) منظار مساحى .　　　　　　(ب) ميزان التسوية .

(حـ) القاعدة السفلى .

المنظار المساحى :

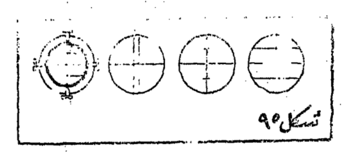
يتركب المنظار من أسطوانة معدنية مثبت فى أحد طرفيها العدسة الشيئية (١) شكل (٩٤) ومثبت فى الطرف الآخر العينية (٢) . والغرض من العدسة

الشيئية الحصول على صورة مقلوبة مصغرة ، وأما العينية فتكبر هذه الصورة ، وداخل أسطوانة المنظار توجد عدسة إضافية (٢) وظيفتها تطبيق مستوى الصورة على مستوى حامل الشعرات بواسطة المسمار (٥) . وأمام العدسة العينية داخل المنظار يوجد حامل للشعرات (٤) وهو عبارة عن حلقة مركب



شكل ٩٤

بها شعرات متعامدة أو لوح زجاج محفور عليه خطوط متعامدة والغرض منه تحديد محور المنظار لتقع عليه صورة المرئيات وهو مثبت في أسطوانة المنظار بواسطة أربعة مسامير شكل (٩٥) ، وهو على أشكال مختلفة وأبسط أنواعه

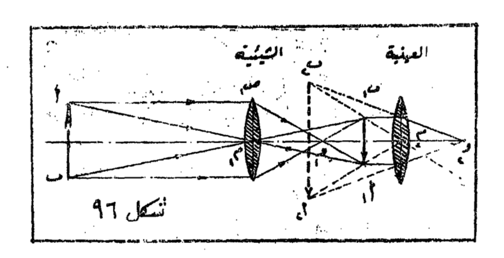


شكل ٩٥

عبارة عن شعرتين إحداهما أفقية وتسمى الشعرة الأفقية الوسطى والأخرى متعامدة عليها وتسمى الشعرة الرأسية ، وتوجد أحيانا شعرتان أفقيتان قصيرتان أعلى وأسفل الشعرة الوسطى تسميان شعرات الاستاديا ويستعملان في القياس الغير مباشر للمسافات (القياس التاكيومترى)

كيفية تكوين الصورة داخل المنظار :

إذا فرض أن ا ب شاخص أو قامة موضوع أمام العدسة الشيئية للمنظار وعلى بعد أكبر من بعدها البؤرى فتتكون فى الجهـــة الأخرى من الشيئية صورة مقلوبة مصغرة ا١ ب١ ولتـــكبيرها نستعين بالعينية لنحصل فى هذه الحالة على صورة ا٢ ب٢ وتكون تقديرية مـــكبرة شكل (٩٦) ويجب أن تقع على مستوى حـــامل الشعرات حتى لا يكون هنـــاك ما يسمى بخطأ الوضع أو عدم التطبيق .



ميزان التسوية .

عبارة عن وعاء أسطوانى سطحه العلوى يمثل سطح برميل الشكل ، والوعاء مملوء بالأثير فيما عدا فقاعة صغيرة من بخار الأثير على السطح الزجاجى وتوجد علامات تبعد عن بعضها بمقدار ٢ مم لتحديد مدى ضبط الأفقيـــة (راجع ميزان التسوية فى باب اللوحة المستوية) .

والزاوية اللازمة لتحريك الفقيعة عـــلامة واحـدة تسمى حساسية ميزان

التسوية وتعطى دائما بالثوان . ويكون مستوى الميزان أفقيا تماما عندما تكون الفقيمة فى المنتصف .

٦القاعدة السفلى :

وتسمى قاعدة الجهاز وهى عبارة عن القاعدة المثبت فيها المحور الرأسى للجهاز المستعمل والتى ترتكز على رأس الحامل بواسطة ثلاثة مسامير متحركة يمكن بواسطتها إمالة القاعدة لضبط المحور الرأسى بواسطة ميزان التسوية الذى قد يكون مثبت فى القاعدة نفسها أو على الجهاز نفسه .

انواع الموازين :

هناك أنواع كثيرة من الموازين تختلف بعض الاختلاف فى تركيبها وطرق ضبطها هذا ويمكن تقسيم الموازين المستعملة فى الميزانيات العادية إلى :

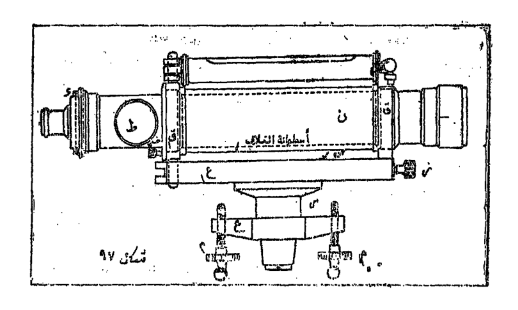
١) موازين طراز كوك القديم : وهى ذات منظار قابل للعكس .

٢) موازين طراز دمى : وهى ذات منظار غير قابل للعكس ، وتكون إما ذات ميزان تسوية خارجى ، أو ذات ميزان تسوية داخلى (ميكرومتر) .

ميزان طراز كوك

يتكون من منظار مركب من أسطوانتين مجوفتين من النحاس تحرك أحداهما داخل الاخرى بواسطة مسمار التوضيح (ط) والغرض منه تطبيق الصورة على حامل الشعرات وفى نهايتى الاسطوانة الخارجيه مركب كلا من العدسة الشيئية والعدسة العينية (شكل ٩٧) ويوجد داخل هذه الاسطوانة

وقريب من العينية حـــامل الشعرات (ى) والغرض منه تحديد محور المرئيات وقراءة القامة وهو مثبت باسطوانة المنظار بواسطة مسامير صغيرة .



شكل ٩٧

ويرتكز المنظار على طوقين (ن ن ١) موضوعان فى نهايتى أسطوانة نحاسية مجوفة قطرها أكبر قليلا من قطر المنظار تسمى بالغلاف وبذلك يمكن سحب المنظار من هذه الإسطوانة وتغيير موضعه أو إدارته حول محوره بعد فك مسمار الربط الخاص وهذه الخاصية تساعد على ضبط هـذا النوع من الموازين بسهولة . ومركب على المنظار ميزان تسوية طولى لضبط أفقية محوره والطوقان مركبان على قاعدة أفقيه ع ١ متصلة بدورها بالمحور الرأسى (س) الذى يثبت الميزان فى القاعدة المثلثيه (ع) المتصله بدورها بالركبه بواسطه مسامير التسويه (م) . ويمكن رفع أحد الطوقين أو خفضه بواسطه صامولتين وهذا الطراز غير مستعمل كثيرا نظرا لظهور موازين أحدث وأدق منه .

ميزان طراز دهبى

وهذا النوع من الموازين يتشابه فى التركيب مع ميزان كوك إلا أنه يختلف عنه فيما يأتى :

١ — فى هذا الميزان تتصل أسطوانة المنظار إتصـــالا تاما بالمحور الرأسى للجهاز ويكون محور المنظـار عموديا على المحور الرأسى لدوران الجهاز وهـــذا الاتصال من مزايا هذا النوع حيث لا تتأثر هذه الخاصية بكثرة الإستعمال .

٢ — لا يوضع منظاره فى غلاف كما فى ميزان كوك .

٣ — يتم تطبيق مستوى الصورة على حـــامل الشعرات بواسطة عدسة داخلية .

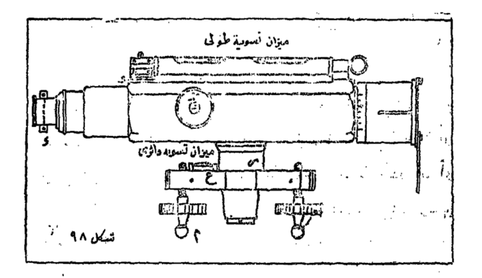
وينقسم هذا الطراز من الموازين إلى نوعين :

١ — موازين ذات ميزان تسوية خارجية .

٢ — موازين ذات ميزان تسوية داخلى .

الميزان ذو التسوية الخارجى :

يتكون من منظار مساحى فى أحد طرفيه العدسة العينية ، وفى الطرف الآخر العدسة الشيئية ، وأعلى المنظار يوجد ميزان التسوية الطولى وأحيـــانا يوجد ميزان تسوية ثانوى برميلى الشكل متصلا بالقاعدة (ع) — ويوجد على جانب أسطوانة المنظار مسمار التطبيق (ط) شكل (٩٨) والقاعدة (ع) مثبت بها محور الجهاز الرأسى (س) ، وترتكز على رأس الحـــامل بواسطة ثلاث مسامير للتسوية (م) .

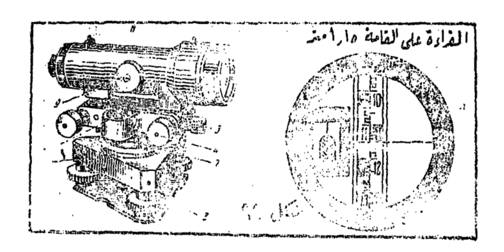


شكل ٩٨

وأحيانا توجد مرآة صغيرة مستوية مثبتة بواسطة مفصلة فوق ميزان التسوية الطولى الأساسى لعكس صورة الفقيعه حتى يسهل الراصد ضبط الأفقيه دون أن يتحرك أو يغير موضعه ويزيد ذلك طبعا من ثبات الجهاز ودقه الرصد .

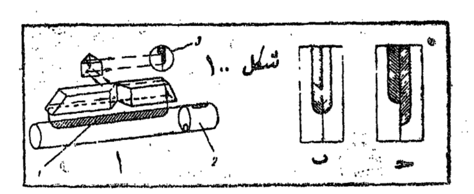
الميزان ذو التسوية الداخلية :

يتركب من نفس أجزاء النوع الأول ذو التسوية الخارجيه غير أنه يختلف عنه فى أنه أكثر دقه ويحوى التغيرات والميزات التاليه : شكل (٩٩) .



١ — يوجد به دائما ميزان تسوية ، إحداهما دائرى (٦ — شكل ٩٩) والآخر طولى داخلى .

٢ — يرى الراصد صورة الفقيعة لميزان التسوية الطولى الداخلى داخل منظار صغير مركب بجوار العينية أو داخل المنظار الرئيسى (شكل ٩٩) بدون أن يتحرك أو يغير من وضعه وتعكس صورة الفقيعة للعين بواسطة منشورات أو مرايا تختلف فى تركيبها ، وشكل (١٠٠) يبين أبسط هذه التركيبات وتظهر الفقيعة لميزان التسوية الداخلى منقسمة إلى جزئين متشابهين ويتحرك كل جزء عكس الآخر (شكل ١٠٠ — حـ) أثناء ضبط أفقية الجهاز ، وعند ضبط الأفقية يظهر الجزآن منطبقان على هيئة حرف U متكامل (شكل ١٠٠ — ب) .



٣ — يوجد مسمار خاص (٥ — شكل ٩٩) مثبت أسفل العدسة العينية يطلق عليه الميكرومتر لضبط الأفقية بواسطة ميزان التسوية الداخلى ويستعمل هذا الميكرومتر لضبط الأفقية عند كل قراءة عقب التوجيه نحو القامة لأنه إذا استعملت مسامير التسوية فى الضبط يتغير بذلك منسوب المستوى الأفقى الوهمى .

يركب ميزان التسوية الرئيسى داخل إطار معدنى لحفظه من التأثيرات الخارجية وبذا لاتتأثر حساسية الفقيعة .

الضبط المؤقت للموازين من طراز دمبى

وهو ما يجب إجراؤه كلما أعد الميزان للرصد .

ويشمل : ا — ضبط الأفقية .

ب — التطبيق

اولا : ضبط الأفقية

١ — أثناء وضع الجهاز فى النقطة المفروض وضعه بها نحاول أن نضبط بالتقريب الأفقية بتحريك أرجل الحامل أو برفع أو خفض أحد أرجل الحامل مع ملاحظة فقيعة ميزان التسوية الدائرى .

٢ — بواسطة مسامير التسوية الثلاثة نضبط بدقة ميزان التسوية الدائرى وأفضل طريقة هى أن نحرك مسمارين من مسامير التسوية فى نفس الوقت إمـــا للداخل أو الخارج معا وذلك لتتحرك الفقيعة فى إتجاه الخط الواصل بينهما ، ثم نحرك المسمار الثالث بمفرده لتتحرك الفقيعة فى الإتجاه العمودى على الأول .

(راجع ضبط أفقية اللوحة المستوية) .

٣ — عند العمل بجهـاز من طراز دمبى ذو التسوية الخـارجى وبعد الضبط لميزان التسوية الدائرى نضبط الميزان بدقة وذلك بأن ندير المنظار بحيث يكون موازيا لإثنين من مسامير التسوية ، ونحرك هذين المسمارين معا ببطء جدا إما للداخل أو الخارج إلى أن نرى الفقيعة المستطيلة فى المنتصف تماما ، ندير المنظار ٩٠° ونضبط الفقيعة مستعملين المسمار الثالث ، نكرر العملية إلى أن نضبط الفقيعة فى كلا الوضعين للمنظار وبذا نحصل على خط نظر أفقى طالمـا أن محور المنظار عمودى على محور دوران الجهاز

٤ — اضبط خط النظر أفقيا وحفظه دائما أفقيا فى حالة إستخدام ميزان من طراز دمى ذو تسوية داخلية يلزم التـــأكد من إنطباق نصفى فقيمة ميزان التسوية داخل العينية ، ويتم الضبط بواسطة الميكرومتر إلى أن ينطبق النصفان ، ويجب ضبط ميزان التسوية الداخلى إن وجد عند كل قـــراءة للقامة فى الوضع الواحد للميزان مع مراعاة عدم إستخدام مسامير التسوية إلا فى أول الضبط حتى لا يتغير منسوب المستوى الوهمى الأفقى .

ثانيا : التطبيق

يسمى أحيانا بتصحيح خطأ الوضع وهذا الخطأ عبارة عن عدم ثبات الصورة تبعا لتحريك العين فى إتجاهات مختلفة ولإختبار هذا الخطأ تحرك العدسة العينية إلى الداخل أو إلى الخارج حتى نرى الشعرات واضحة ثم نحرك العين إلى أعلى أو إلى أسفل فإذا تحركت الشعرات تبعا لحركة العين فذلك دليل على عدم صحة التطبيق وبعبارة أخرى عدم وقوع الصورة على حامل الشعرات ونحرك مسمار التطبيق حتى نرى الصورة واضحة .

الضبط الدائم للميزان

بجانب الضبط المؤقت فهناك الضبط الدائم للميزان وهو ما يجب إجراؤه عند إستلام المـــيزان من المصنع لأول مرة ، أو إذا أسىء أستعماله ، أو عند إستعمال الميزان لفترة طويله دون صيانة ولكى يكون الميزان مضبوطا ضبطا دائما يجب أن تتوافر به شروط تعامد وتوازى بين المحاور المختلفة فيه .

ويحاور الجهاز الرئيسية هى ثلاث محاور :

١ — **خط الانطباق** : وهذا الخط ناشىء من انطباق خط النظر فى الجهاز مع المحور البصرى ، ويعرف خط النظر بأنه الخط الوهمى الواصل بين مركزى العدسة الشيئية ونقطة تقاطع الشعرات ، أما المحور البصرى فهو الخط الوهمى الواصل بين مركزى العدستين الشيئية والعينية .

٢ — **محور ميزان التسوية الطولى**

٣ — **المحور الرأسى لدوران الجهاز**

وسوف نتعرض للشروط الدائمة للموازين من طراز دمبى فقط . إذ أنها هى الشائعة الاستعمال .

الشروط الدائمة لضبط ميزان دمبى

فى الموازين من طراز دمبى فقط يجب أن يتوافر دائما الشرطان الآتيان :

١ — تعامد محور ميزان التسوية على المحور الرأسى للجهاز .

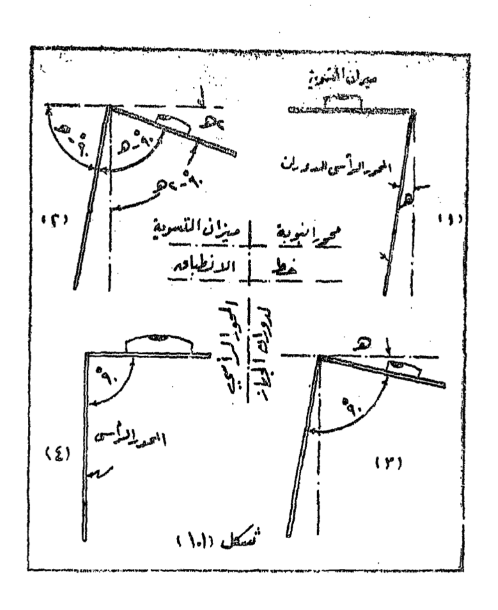
٢ — تعامد خط النظر على المحور الرأسى لدوران الجهاز .

وفيما يلى سنبين كيفية التحقيق من هذه الشروط وكيفية إجراء الضبط :

اولا — تعامد محور ميزان التسوية الطولى على المحور الرأسى للجهاز

يجب أن يرسم محور ميزان التسوية مستوى أفقى عندما يدار المنظار حول المحور الرأسى . ولإختبار ذلك الشرط نثبت أرجل الميزان بالأرض ويضبط ميزان التسوية الطولى ضبطا مؤقتا — ثم يدار المنظار حول المحور الرأسى ١٨٠° — فإذا

كان المحوران متعامدان ظللت الفقيعه فى منتصف مجراها — وإلا فإنها تنحرف بمقدار يعادل ضعف الخطأ الموجود فى تعامدالمحورين ويسمى هذا الخطأ بالخطأ الظاهرى وهو ضعف الخطأ الحقيقى شكل (١٠١ — ٢٠١) .



شكل (١٠١)

ولتصحيح ذلك نرفع أو نخفض محور ميزان التسوية بالمفصـــله المثبته بجانبه حتى تعود الفقيعه إلى نصف عدد التقاسيم التى انحرافتها هذا ويعادل نصف

الخطأ الظاهرى أى قيمة الخطـــأ الحقيقى ، ثم تضبط الأفقية بواسطة مسامير التسوية حتى تكون الفقيعة فى المنتصف شكل (١٠١ — ٣ ، ٤) .

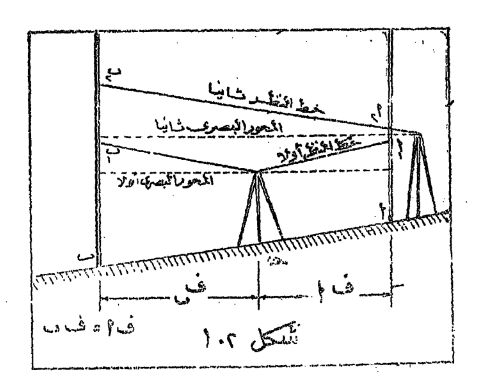
ثانيا — تعامد خط النظر على المحور الرأسى لدوران الجهاز

معنى هـذا الشرط هو إنطباق خط النظر على المحور البصرى للنظـار لينشأ خط إنطباق عمودى على المحور الرأسى لدوران الجهاز .

ويتم تحقيق هذا الشرط بطريقة الوتدين كالتالى :

١ — يوضع الميزان فى منتصف مسافة ا ب وليـكن فى حـ ويثبت وتد فى كل من ا ، ب مع جعل ب ا حوالى ١٠٠ مترا وعلى كل منها نضع قامة رأسية تـاما — ويضبط الميزان ضبطـا مؤقتا (الأفقية والتطبيق) وتؤخذ القراءتين على القامتين الرأسيتين الموضوعتين فى ا ، ب ولتـكن ا١ ، ب١ (شكل ١٠٢) والفرق الحقيقى بين منسوبى النقطتين ا ، ب هو الفرق بين القراءتين ا١ ، ب١ — سواء كان خـــط النظر أفقيا أو مائلا — حيث أن الخطأ متساوى على كل القامتين لأن الميزان فى منتصف المسافة بينهما .

٢ — ننتقل بالميزان قريبا إلى أحد الوتدين (ا) أو (ب) ولتـكن (ا) مثلا ويكون الميزان قريبا إلى حد يمكن معه القراءة على القامة ا بسهولة — وبعد ضبط الأفقية والتطبيق تؤخذ القراءتين على كلا من القـامتين القريبـة والبعيدة ولتـكن ا٢ ، ب٢ ويحسب الفرق بين القراءتين فإذا تساوى مع الفرق فى الوضع الأول أى كان :



شكل ١٠٢

$$(ا_١ - ب_١) = (ا_٢ - ب_٢)$$

دل ذلك على أن خط النظر أفقيا تماما — أى أن خط الإنطباق موجود فعلا ومتعامدا على المحور الرأسى للجهاز — وإذا لم يتفق الفرقان ($ا_١ - ب_١$) ، ($ا_٢ - ب_٢$) دل ذلك على عدم تقاطع الشعرات على المحور البصرى للمنظار ويكون التقاطع أعلا المحور أو أسفله ففى هذه الحالة نخفض أو نرفع حامل الشعرات بحيث نحصل على الفرق الحقيقى بين منسوب النقطتين — ويمكن إعتبار أن القراءة $ا_٢$ ، فى الوضع الثانى صحيحة وبذلك يكون الخطأ كله فى القراءة $ب_٢$.

مثال

وضع ميزان من طراز دمبى فى منتصف المسافة بين قامتين موضوعتين

رأسيا عند نقطتين ا ، ب وكانت قراءة القامة عند ا = ١٫٦٧٥ متراً وقراءة القامة عند ب = ١٫٣٨٣ — ثم رفع الميزان ووضع قريبا من النقطة (ا) وكانت قراءة القامة على ا = ١٫٥٩٠ مترا وقراءة القامة على ب = ١٫٣١٧ مترا . تحقق من وقوع تقاطع الشعرات على المحور البصرى ، ثم ارسم الشكل الذى يبين خط النظر فى الحالتين وعين قراءة القامة الصحيحه على ب فى الحالة الثانية .

العمل

الفرق الحقيقى بين ا ، ب = ١٫٦٧٥ — ١٫٣٨٣ = ٠٫٢٩٢ مترا .

الفرق بين قراءاتى القامة عند ا ، ب فى الحالة الثانية = ١٫٥٩٠ — ١٫٣١٧ = ٠٫٢٧٣ مترا .

وحيث أن الفرق غير متساوى فى الحالتين فإن نقطة تقاطع الشعرات لا تقع على المحور البصرى .

النقطة ب أعلا من النقطة ا بمقدار ٠٫٢٩٢ مترا .

قراءة القامه الواجبة على ب فى الحالة الثانية = ١٫٥٩٠ — ٠٫٢٩٢ = ١٫٢٩٨ مترا .

لذا يجب تغيير وضع حامل الشعرات حتى تقرأ القامة على ب القراءة ١٫٢٩٨ متر فى الحالة الثانية . ويتم ذلك بفك مسامير حامل الشعرات وتحريك حامل الشعرات حتى تقرأ الشعرة الوسطى على القامة عند القراءة المذكورة .

أقسام الميزانية

تنقسم الميزانية العادية من حيث الغرض التى تستخدم من أجله إلى :

١ — **الميزانية الطولية** : وتجرى فى الإتجـاه الطولى لمشاريع الطرق والترع والمصـــارف لتعيين مناسيب نقط محاورها المختلفة ، ويعرف الشكل الذى يبين منا سيب هذه النقط بالقطاع الطولى ، وأحيانا تجرى هذه الميزانية لتعيين منسوب نقطة معينة فقط بغض النظر عن النقط المتوسطة وتسمى هذه العملية حينئـــذ بعملية سلسلة مـــيزانية والغرض الأساسى منها هو تعيين مناسيب نقط ثابتة وليس لعمل قطاع طولى .

٢ — **الميزانية العرضية** : وتجرى فى الإتجـــاه العرضى للترع والمصارف والطرق السريعة العريضة ويعرف الشكل الذى يبين نقطها بالقطاع العرضى .

٣ — **الميزانية الشبكية** : تجرى فى الإتجـــاهات الطولية والعرضية معـا لتحديد وإظهار طبوغرافية منطقة معينة من سطح الأرض وعمل خريطة كنتورية لهـا بمعلومية الميزانية الشبكية ، وفيها تحدد مناسيب عدة نقط متفرقة فى المنطقة بطرق مختلفة سوف نتعرض لها بالتفصيل فى هذا الباب .

أولا : الميزانية الطولية

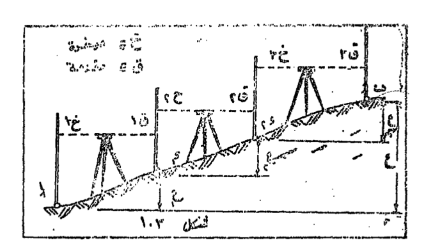
تعين منسوب نقطة

المعلوم منسوب نقطة مثل (أ) شكل (١٠٣) — والمطلوب إيجاد منسوب نقطة أخرى مثل (ب) . ولإجراء ذلك نقسم المسافة بين أ ، ب إلى مسافات مناسبة (حوالى من ٦٠ إلى ١٠٠ م) ثم نقيس فرق الإرتفاع الكلى(ع١ + ع٢ + ع٣ كما فى الشكل بإستخدام الميزان والقامة .

وتجمع هذه الفروق لتعطينا فرق الإرتفاع الكلى ع — وهو عبارة عن فرق المنسوب بين أ ، ب ويمكن ترتيب العمل كالآتى :

١ — تقف بالميزان فى منتصف المسافة بين (أ) ، (ى١) تقريبا ثم يضبط الميزان أفقيا :

٢ — ضع قامة رأسية فى (أ) ووجه عليها المنظار وأخذ قراءة الشعرة



شكل ١٠٣

الوسطى ولتكن خ١ وذلك بعد التأكد من أفقية ميزان التسوية الداخلى ، وتسمى هذه القراءة مؤخرة .

٣ — تنقل القـــامة من ا إلى نقطة ى١ وتضبط فى وضع رأسى وتدير المنظار ويوجه نحو القامة فى (ى١) ، ويجب فقط ضبط ميزان التسوية الداخلى مع عدم تغير وضع مسامير التسوية وإلا فقدنـــا المستوى الأفقى الوهمى الذى يحدد خط النظر الأول وتؤخذ القراءة الجديدة ولتكن ق١ وتسمى هذه القراءة مقدمة .

٤ — نحسب فرق القراءتين بين ا ، ى وهو البعد الرأسى ع١ .

$$ع_1 = خ_1 - ق_1 .$$

٥ — ننتقل بالميزان إلى نقطة فى منتصف المسافة بين (ى٢) ، (ى١) وينضبط فى هذا الوضع الثانى ، وفى هذه الأثناء ندير القامة فقط ولا نحركها من مكانها لتواجه الميـــزان فى وضعه الجديد ، تسمى مثل هذه النقطة دوران . إذ أننا أخذنا قراءتين للقامة فى نفس مكانها والقراءة الأولى قبل دوران القامة عبارة عن مقدمة الوضع السابق والقراءة الثانية أخذت بعد دورانها لتواجه الميزان فى وضعه الجديد . وهى عبارة عن مؤخرة الوضع الجديد .

٦ — بعد ضبط الأفقية الداخلية تقرأ القامة فى (ى) وتسمى خ٢ ، ثم ننقل القامة إلى (ى٢) وندير المنظار ونعين القراءة فى (ى٢) وتسمى ق٢ وتكون :

$$ع_2 = خ_2 - ق_2$$

٧ — تكرر العمل حتى تكون آخر قراءة للقامة عند نقطة (ب) .

ع = منسوب آخر نقطة — منسوب أول نقطة .

$$ب - ا = ع_1 + ع_2 + ع_3 =$$

$$(خ_1 + خ_2 + خ_3) - (ق_1 + ق_2 + ق_3)$$

أى أن :

الفرق بين منسوب آخر نقطة ومنسوب أول نقطة = مجموع المؤخرات — مجموع المقدمات	. . . (٤٤)

٨ — لتحقيق العمل تمد الميزانية من نقطة النهاية فى الإتجاه العكسى حتى نقطة الروبير ا .

٩ — وإذا كان يوجد روبير قريب من ب يمكن تكملة الميزانية إليه بدلا من العودة إلى ا .

١٠ — يكون العمل الحقلى صحيحا إذا كان منسوب الروبير المستنتج هو نفسه منسوب الروبير المكتوب فى حدود الخطأ المسموح به .

الخطأ المسموح به بالمليمتر = ثابت $\sqrt{}$ طول الميزانية بالكيلومتر	. . . (٤٥)

الخطأ المسموح (مم) = ث $\sqrt{ل كم}$

وفى الميزانية الدقيقة (الدرجة الأولى) تؤخذ ث = ٥

وفى الميزانية العادية ث = ١٠

أما فى القطاعات الطولية ث = ٢٠

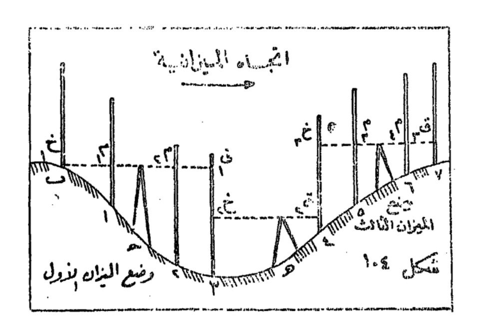
فإذا كانت المسافة بين ا ، ب = ٤ كم فيكون الخطأ المسموح به مساويا .

$$٢٠ \sqrt{٤ كم} = ٤٠ مم = ٤ سم$$

وفى معظم الأحيان تؤخذ قراءات متوسطة بين أى مؤخرة (أىأول قراءة تأخذ على القـامة بعد ضبط الجهـاز أفقيا فى الوضع الجديد) ومقدمة (أى آخر قراءة تأخذ على القامة فى الوضع الواحد وينقل الجهاز بعدها) وذلك بدون نقل الميزان وترصد هذه النقط بعد المؤخرة مباشرة وقبل المقدمة وبهذا تكون أنواع القراءات على القامة هى :

* أى قراءة بعد وضع الميزان مباشرة تسمى مؤخرة — خ
* آخر قراءة قبل نقل الميزان تسمى مقدمة — ق
* أى قراءة أخرى فى الوضع الواحد للميزان تعتبر قراءة متوسطة — م

وفى شكل (١٠٤) نجـد أن القراءة الأولى عند النقطـة ب تعتبر مؤخرة خ١ والقراءة عند النقطة (٣) عبـارة عن ق١ مقدمة للوضع الأول للميزان والنقطتين (١) ، (٢) على كل منها قراءة متوسطة ونجد أن القراءة على القامة عند نقطة (٣) من الوضع الثانى للميزان هى مؤخرة خ٢ ، وبالمثل القراءة (٤) من الوضع الثانى



للميزان هى مقدمة ق٣ فى حين أن القراءة على نفس القامة من الوضع الثالث هى مؤخرة الوضع الجديد . وبذا تكون النقط (٣) ، (٤) نقط دوران والقراءات عند (١) ، (٢) ، (٥) ، (٦) متوسطات ، وأول قـــراءة على محور الميزانية مؤخرة وآخر قراءة على المحور مقدمة .

طرق تدوين الميزانية

لتسهيل العمل الحسابى خاصة عندما يكون عدد نقط الميزانية كبير يمكن إتباع طرق خاصة لتدوين النتائج وحساب المناسيب فى صورة جدولة عامة .

وهناك طريقتان أساسيتان .

١ — طريقة سطح الميزان .

٢ — طريقة الأرتفاع والإنخفاض (فرق الأرتفاع)

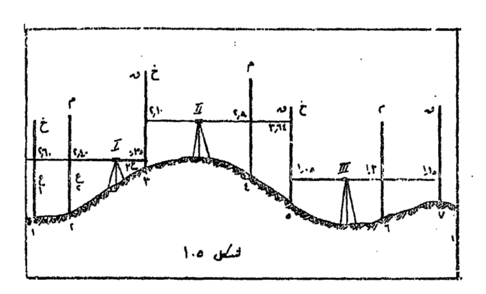
١ — طريقة سطح الميزان

وتعتمد هذه الطريقة على إيجاد منسوب السطح الأفقى الوهمى الناتج من دوران خط الأنطباق الأفقى حول المحور الرأسى ، ويطلق عليه منسوب سطح الميزان ثم تحسب مناسيب النقط المختلفة التى أخذت قراءتها من هـــذا السطح بطرح قراءة القـامة الموضوعة فوق النقطة من منسوب سطح الميزان ، والمثـال الآتى يوضح الطريقة وإيجاد المناسيب للنقط المختلفة .

مثال

الـكروكى المعطى فى شكل (١٠٥) يبين قراءات القامة من عدة أوضاع مختلفة

للميزان فى ميزانية طولية ، والمطـــلوب حساب مناسيب النقط المختلفة إذا كان منسوب النقطة الأولى هو ٥٦٫٢٤ مترا .



شكل ١٠٥

الحل

تدون قراءات القامه فى جدول بحيث تسجل المؤخرات فى خانة والمتوسطات فى خانة والمقدمات فى خانة وتخصص خانة لحساب مناسيب سطح الميزان وخانة لحساب المناسيب للنقط وأخرى للملاحظات كما هو موضح فى الجدول التالى مع مراعات الآتى عن التدوين للقراءات .

١ — أول قراءة تسجل فى خـــانة المؤخرات فى السطر الدال على النقطة الأولى .

٢ — من شكل (١٠٥) يتضح أنه فى الوضع الأول للميزان (I) كانت قراءة القامة فوق النقطة (٢) متوسطة فتسجل هذه القـــرارة فى خانة المتوسطـات فى السطر الدال على النقطة الثانية .

٣ — القراءة الأخيرة من الوضع الأول على القـامة النقطة (٣) هى مقدمة

الوضع فتسجل فى خانه المقدمات فى السطر الدال على النقطه الثالثه .

٤ — أول قراءة أخذت من الوضع الثانى للميزان (il) كانت على القامه الموضوعه عند نقطه (٣) أيضا (نقطة الدوران) ، وهذه القراءة هى مؤخرة الوضع الجديد وتسجل فى خانه المؤخرات فى نفس السطر الدال على النقطه الثالثة .

٥ — يتكرر العمل لباقى القراءات وتسجل المتوسطات فى الخانه الخاصه بها ، مع مراعاة أنه عند نقط الدوران تكون هناك دائما قراءتان : الأولى مقدمه الوضع السابق ، والثانيه مؤخرة الوضع اللاحق ، كما يلاحظ أيضا أن آخر قراءة تسجل دائما فى خانه المقدمات فى السطر الدال على آخر نقطه .

وبهذا يمكن تسجيل النتائج للميزانيه المبينه فى شكل(١٠٥)حسب الأسس السابقة فى الجدول التالى:

النقطة	مؤخرة	متوسطه	مقدمه	سطح الميزان	مناسيب	ملاحظات
١	٢ر٦٠			(٥٩ر٠٠)	(٥٦ر٤٠)	النقطة المعلومة
٢		٢ر٤٠			(٥٦ر٦٠)	
٣	٢ر١٠		٠ر٢٥	(٦٠ر٧٥)	(٥٨ر٦٥)	نقطة دوران
٤		٢ر٥٠			(٥٨ر٢٥)	
٥	١ر٠٥		١ر٦٤	(٥٨ر١٦)	(٥٧ر١١)	«
٦		١ر٣٠			(٥٦ر٨٦)	
٧			١ر١٥		(٥٧ر٠١)	
Σ	٥ر٧٥	٦ر٢٠	٥ر١٤		٤٠٠ر٨٨	

ولحساب مناسيب النقط في الجدول أتبعنا الآتي :

١ — أضيفت قراءة القامه عند نقطه (١) (النقطه المعلومه) على منسوب هذه النقطه حصلنا على منسوب سطح الميزان في الوضع الأول .

٢ — من هذا المنسوب طرحت قراءة القامة عند النقطه الثانيه حصلنا على منسوب هذه النقطة ، ثم طرحنا قراءة القامة عند النقطة الثالثة من منسوب سطح الميزان حصلنا على منسوب هذه النقطة ويجب أن توضع المناسيب بين قوسين للتعرف عليها بينما توضع القراءات بدون أقواس .

٣ — بمثل ما اتبع في الوضع الأول للميزان حصلنا على منسوب سطح الميزان في الوضع الثاني وذلك بإضافة مؤخرة هذا الوضع (القراءة الجديدة من الميزان في وضعه الجديد على نفس القامة الموضوعـــه في نقطة ٣) إلى منسوب (٣) ومن هذا المنسوب حصلنا على مناسيب النقط (٤)،(٥) وهكـــذا . ولتحقيق العمل الحسابي عند حساب المناسيب للنقط المختلفة يمكن إستخدام المعادلة (٤١) ومن الجدول منسوب آخر نقطة — منسوب أول نقطة = ٥٧٫٠١ — ٥٦٫٤٠

= ٠٫٦١

Σ المؤخرات — Σ المقدمات = ٥٫٧٥ — ٥٫١٤

= ٠٫٦١

كما يجب مراعاة أن عدد المؤخرات في الجدول يساوي عدد المقدمات .

ونلاحظ أيضاً أن عدد القراءات الكلية المأخوذة في الميزانية يساوي عدد نقط الميزانية مضافاً إليه عدد نقط الدوران ففي المثال عدد القراءات المختلفة كان تسعة وكانت نقط الميزانية سبعة وعدد نقط الدوران أثنين . ونلاحظ أنه بالمعادلة (٤٤) يمكن التحقيق فقط من مناسيب نقط الدوران ومنسوب أول نقطة

ومنسوب آخر نقطة . أما مناسيب النقط التي كانت قراءة القـــامة عندها متوسطات فلم تدخل فى الحساب لذلك تستخدم المعادلة الآتية كتحقيق آخر .

مجموع مناسيب النقط المختلفة عدا أول نقطة + مجموع المقدمات + مجموع المتوسطات = المجموع الجبرى لحاصل ضرب مناسيب سطح الميزان فى عدد مرات إستخدامها لإيجـــاد مناسيب نقط جديدة	... (٤٦)

ومن الجدول :

الطرف الأيمن للمعادلة = (٤٠٠ر٨١ − ٥٦ر٤٠) + ٥ر١٤
+ ٦ر٢٠ = ٣٥٥ر٨٢

الطرف الأيسر للمعادلة = ٥٩٠٠ × ٢ + ٦٠ر٧٥ × ٢
+ ٥٨ر١٦ × ٢ = ٣٥٥ر٨٢

٢ — طريقة فرق الارتفاع

(الارتفاع والانخفاض)

فى هذه الطريقة يمكن إيجاد منسوب النقطة لاحقـة من منسوب نقطة سابقة معلوم وذلك بأضافة فرق الارتفاع بين هاتين النقطتين جبريا إلى منسوب النقطة المعلومة . فى شكل (١٠٥) إذا كانت النقطة المعلومة هى نقطة (١) وكانت القراءة عندها هى ع$_1$ والنقطة المطلوب حساب منسوبها هى (٢) والتى كانت قراءة القامة عندها ع$_2$ فإن منسوب نقطة (٢) يتعين كالآتى :

منسوب النقطة اللاحقة = منسوب النقطة السابقة $\pm$ (ع$_1$ — ع$_2$)	... (٤٧)

ونلاحظ أيضا من شكل (١٠٥) أن النقطة (٢) اللاحقة أعلى من النقطة السابقة (١)، وفى نفس الوقت نلاحظ أن ع$_1$ أكبر من ع$_2$. وعليه فأن الفرق بين ع$_1$ ، ع$_2$ يكون موجب ويطلق عليه فى هذه الحالة أرتفاع النقطة اللاحقة عن السابقة .

أما إذا قارنا (٤) ، (٥) فى نفس الشكل فنجد أن النقطة اللاحقة (٥) أوطى من النقطة السابقة (٤) فى حين أن ع$_1$ أقل من ع$_2$ ، أى أن الفرق بين ع$_1$ ، ع$_2$ يكون سالب ويطلق عليه فى هذه الحالة إنخفاض النقطة اللاحقة عن السابقة .

وبذلك فإذا كانت قراءة القامة عند النقطة اللاحقة أكبر من قراءتها عند النقطة السابقة تكون النقطة اللاحقة أوطى من النقطة السابقة بمقدار يساوى الفرق العددى بين القراءتين . وبذا يكون منسوب النقطة اللاحقة مساويا منسوب النقطة السابقة مطروحا منه مقدار الإنخفاض .

أما إذا كانت قراءة القامة عند النقطة اللاحقة أقل من القراءة عند النقطة السابقة ، تكون النقطة اللاحقة أعلى من السابقة بمقدار الفرق العددى بين القراءتين ، ويكون منسوب النقطة اللاحقة مساويا منسوب النقطة السابقة مضافا إليه مقدار الإرتفاع .

ولتنظيم العمل الحسابى تدون القراءات سواء كانت مؤخرات أو متوسطات أو مقدمات مثلما سبق فى جدول تكون فيه خانتين إحداهما لبيان مقدار

الإرتفاع والأخرى لبيان مقـــدار الإنخفاض (وذلك بدلا من منسوب سطح الميزان فى الطريقة السابقة) ويجب التنويه هنا إلى أن المقارنة بين النقط وبعضها (لاحقة وسابقة) يكون فى الوضع الواحد للميزان ولا تقارن أبداً قراءات من أوضاع مختلفة للميزان .

مثال :

للقراءات المبينة فى شكل (١٠٥) أوجد منـــاسيب النقط المختلفة بطريقة الارتفاع والإنخفاض إذا كان منسوب أول نقطة هو ٥٦ر٤٠ متر .

الحـل

النقطة	مؤخرة	متوسطة	مقدمة	إرتفاع +	إنخفاض −	مناسيب	ملاحظات
١	٢ر٦٠					٥٦ر٤٠	النقطة المعلومة
٢		٢ر٤٠		٠ر٢٠		٥٦ر٦٠	
٣	٢ر١٠		٠ر٣٥	٢ر٠٥		٥٨ر٦٥	نقطة دوران
٤		٢ر٥٠			٠ر٤٠	٥٨ر٢٥	
٥	١ر٠٥		٣ر٦٤		١ر١٤	٥٧ر١١	نقطة دوران
٦		١ر٣٠			٠ر٢٥	٥٦ر٨٦	
٧			١ر١٥	ر١٥		٥٧ر٠١	
Σ	٥ر٧٥		٥ر١٤	٢ر٤٠	١ر٧٩		

ويمكن تحقيق العمل الحسابى فى طريقة فرق الارتفاع بأستخدام المعادلة (٤٤) . ولتحقيق حساب مناسيب نقط المتوسطات نستخدم المعادلة التالية :

ج الارتفاعات — ج الإنخفاضات = منسوب آخر نقطة — منسوب أول نقطة	.. (٤٨)

فمن الجدول :

ج الإرتفاعات — ج الإنخفاضات = ٢٫٤٠ — ١٫٧٩ = ٠٫٦١

ج المؤخرات — ج المقدمات = ٥٫٧٥ — ٥٫١٤ = ٠٫٦١

منسوب آخر نقطة — منسوب أول نقطة = ٥٧٫٠١ — ٥٦٫٤٠ = ٠٫٦١

عدد المؤخرات = عدد المقدمات

عدد القراءات الكلية = عدد نقط الميزانية + عدد نقط الدوران

٩ = ٧ + ٢

ومن هذا يتضح صحة ترتيب الجدول وصحة حساب المناسيب فيه .

حساب المناسيب للنقط اذا كانت النقطة المعلومة المنسوب ليست هى النقطة الأولى .

قد تجرى فى بعض الأحيان ميزانية لا تبدأ من نقطة معلومة المنسوب ، وتكون النقطة المعلومة المنسوب أحدى نقط الميزانية أو آخر نقطة فى الميزانية ، وسنبين طريقة حساب المناسيب فى هذه الحالة بالأمثلة الآتية :

أمثلة محلولة

مثال (١)

أخذت القراءات التالية فى ميـــزانية طولية بغرض تعين مناسيب النقط المختلفة فكانت :

١ر١٠ - ٢ر١٠ - ١ر٩٠ - ١ر٧٠ - ١ر٥٠ - ١ر٨٠ - ٢ر٣٥ - ٣ر٢٠
٣ر٤٠ - ٢ر٠٠ - ١ر٣٠ - ٢ر٤٠ - ٢ر٧٠

فإذا كان الميزان قد نقل بعد النقطة الثانية والرابعة والسادسة وكان منسوب النقطة الرابعة هو (١٠ر٠٠) مترا ، عين مناسيب النقط على طول محور الميزانية بطريقة الإرتفاع والإنخفاض .

الحـل

حيث أن الميزان قد نقل بعد النقط الثـــانية والرابعة والسادسة فأن هذه النقط تـكون نقط دوران ، وعلى ذلك يرتب الجدول على هذا الأساس بحيث يـكون عند النقط المذكورة قراءتين دائما مقدمة الوضع السابق ومؤخرة الوضع اللاحق :

وفى هذا النوع من المسائل عندما لا يعرف منسوب أول نقطة - نبتدىء فى الجدول بتعيين مناسيب النقط التالية للنقطـة المعلومة المنسوب بالطريقة العـادية أى نوجد مناسيب النقط الخامسة والسادسة والسابعة والثامنة والتاسعة والعاشرة وحتى آخر نقطة . ثم نفرض أن منسوب النقطة الأولى هو س وبإستخـــدام

المعادلة (٤٤) (معادلة التحقيق) نجد أن :

مجموع المؤخرات — مجموع المقدمات = آخر نقطة — أول نقطة

٨٫٢٠ — ٩٫٥٠ = ٩٫٣٠ — س

∴ س = ٩٫٢٠ + ١٫٣٠ = ١٠٫٦٠ مترا

ثم نبدأ فى تعيين مناسيب النقط الثانية والثالثة وللتحقيق نعين منسوب النقطة الرابعة ويجب أن يكون (١٠٫٠٠) وهـذا يعتبر تحقيقا حسابيا لصحة العمل وكتحقيق آخر نستخدم المعادلة (٤٨) ومن الجدول نجد أن مجموع الإرتفاعات - مجموع الإنخفاضات = ٢٫٥٠ - ٣٫٨٠ = - ١٫٣٠ وهـذا يساوى الفرق بين منسوب آخر النقطة ومنسوب أول نقطة .

النقطة	قراءات القامة خ	م	ق	إرتفاع +	إنخفاض —	منسوب النقطة	ملاحظات
١	١٫١٠					١٠٫٦٠	
٢	١٫٩٠		٢٫١٠		١٫٠٠	٩٫٦٠	
٣		١٫٧٠		٠٫٢٠		٩٫٨٠	
٤	١٫٨٠		١٫٥٠	٠٫٢٠		١٠٫٠٠	معلومة
٥		٢٫٣٠			٠٫٥٠	٩٫٥٠	
٦	٣٫٤٠		٣٫٢٠		٠٫٩٠	٨٫٦٠	
٧		٢٫٠٠		١٫٤٠		١٠٫٠٠	
٨		١٫٣٠		٠٫٧٠		١٠٫٧٠	
٩		٢٫٤٠			١٫١٠	٩٫٦٠	
١٠			٢٫٧٠		٠٫٣٠	٩٫٣٠	
	٨٫٢٠		٩٫٥٠	٢٫٥٠	٣٫٨٠		

مثال ٢ :

أخذت القراءات الآتية على محور مشروع بقصد عمل قطاع طولى له فكانت :

٢ر٤٠ - ١ر٩٠ - ٢ر٣٠ - ٢-٧٠ - ١ر٤٠ - ٢ر٠٠ - ٢ر٢٠ - ٢ر٥٠ -
١ر٧٠ - ٢ر٣٠ - ٣ر١٠ - ٢ر٩٠-٣ر٢٠

فإذا كان الميزان قد نقل بعد النقطة الثالثة والسادسة والسابعة ، بين فى جدول مناسيب النقط المختلفة بطريقة الإرتفاع والإنخفاض علما بأن منسوب آخر نقطة هو (١٥ر٥٠) متر

الحـل

بعد ترتيب الجـدول ووضع القراءات المختلفة للقامه فى أماكنها — نفرض أن منسوب النقطـه الأولى هو س ، وبإستخدام قـــانون التحقيق الحسابى (معادله ٤٤) نجد أن :

مجموع المؤخرات = ٩ر٩٠

مجموع المقدمات = ٩ر٤٠

منسوب آخر نقطه = ١٥ر٠٠ ، منسوب أول نقطه = س

.·. س = ١٥ر٥٠ — ٠ر٥٠ = (١٥ر٠٠) مترا .

ثم نبدأ فى تعيين مناسيب النقطه الثانيه والثالثـه وهكذا حتى النقطه الأخيرة ويجب أن يكون (١٥ر٥٠) وهـــذا يعتبر تحقيقـا حســـابيا لصحه العمل (أنظر الجدول) .

مناسيب النقط	إنخفاض	إرتفاع	قـــراءات القـــامة			النقطة
	−	+	ق	م	خ	
١٥ر٠٠					٢ر٤٠	١
١٥ر٥٠		٠ر٥٠		١ر٩٠		٢
١٥ر١٠	٠ر٤٠		٢ر٣٠		٢ر٧٠	٣
١٦ر٤٠		١ر٣٠		١ر٤٠		٤
١٥ر٨٠	٠ر٦٠			٢ر٠٠		٥
١٥ر٦٠	٠ر٢٠		٢ر٢٠		٢ر٥٠	٦
١٦ر٤٠		٠ر٨٠	١ر٧		٢ر٣٠	٧
١٥ر٦٠	٠ر٨٠			٣ر١٠		٨
١٥ر٨٠		٠ر٨٠		٢ر٩٠		٩
١٥ر٥٠	٠ر٣٠		٣ر٢٠			١٠
			٩ر٤٠		٩ر٩٠	

مثال ٣

أخذت ميزانية على محور مشروع بغرض إيجاد مناسيب النقط المختلفة فكانت القراءات على القامة كما يلى :

٢ر٩٨ - ١ر٢٤ - ٠ر٤٨ - ٣ر٥٤ - ٢ر١١ - ١ر٧٧ - ٠ر٦٨ - ٣ر٨٦ -
١ر٢٢ - ٠ر٥٦ - (٢ر١٨) - ٣ر٥٠ - (٠ر٦٤) - ١ر٢٢ - ٣ر١١
(٢ر٢٤) - ٠ر٨٥

فإذا علم أن الأرض كانت تنحدر فى إتجاه واحد إبتداء من النقطة الأولى وحتى النقطة الثامنة ثم أخذت طبيعة الأرض فى التغير بعد ذلك ، وأن القراءات بين الأقواس فى الجزء الأخير من الميزانية مؤخرات وكان منسوب النقطة الرابعة

(—٨ر٤) فأوجد فى جدول ميزانية كامل وبطريقة سطح الميزان مناسيب النقط المختلفة مع تحقيق العمل الحسابى .

الحل

حيث أن الأرض تنحدر فى إتجاه واحد بإنتظام فإن قراءات القامة فى الوضع الواحد للميزان أما أن تتناقص تدريجيا أو تتزايد تدريجيا ، وعندما تتغير فجأة قراءات القامة بالزيادة أو النقصان فهذا دليل عن تغيير سطح الميزان لوضع جديد تكون القراءتان المتتاليتان التى حدثت فيها التغير الفجائى أحدهما مقدمة الوضع السابق والأخرى مؤخرة الوضع الجديد ، وبذلك يمكن إستنتاج أوضاع الميزان المختلفة بنفس الطريقة كما هو مبين بالجدول حتى نصل إلى النقطة الثــامنة ، بعد ذلك ترتب باقى قراءات الميزانية بحيث تكون القراءات بين الأقواس مؤخرات ، ثم نبدأ من النقطة الرابعة المعلوم منسوبها ونوجد مناسيب النقط التالية حتى آخر نقطة . ومن المعادلة (٤٤) يمكن إستنتاج منسوب أول نقطة والتى استمر منها فى إيجاد مناسيب النقط (٢) ، (٣) وكذلك منسوب (٤) من جديد للتحقيق . وقد أستنتج منسوب سطح الميزان الذى تقع النقطة الرابعة ضمن نقطة وذلك بأضافة القراءة عند النقطة (٤) — وهى متوسطة وقدرها ١١ر٢ — إلى منسوب النقطه وكتب سطح الميزان أمام مؤخرة هـــذا الوضع ومنه أستنتجت مناسيب النقط ٣ ، ٥ ، ٦ . وهكذا بالنسبه لباقى أوضاع الميزانيه التاليه حتى النقطه الأخيرة .

ومن الجدول نجد أن منسوب النقطه الأخيرة هو (— ٤٧ر٠) . وبأستخدام المعادله (٤٤) فأن :

$$١٥ر٥٤ — ١٨ر٩ = — ٣٧ر٢ — س$$

$$\therefore \text{ منسوب أول نقطه س } = - ٧٣ر٨$$

النقطة	مؤخرة	متوسطة	مقدمة	سطح الميزان	منسوب	ملاحظات
١	٢ر٩٨			−٥ر٧٥	−٨ر٧٣	
٢		١ر٣٤			−٧ر٠٩	
٣	٣ر٥٤		٠ر٤٨	−٢ر٦٩	−٦ر٢٣	
٤		٢ر١١			−٤ر٨٠	معلومة
٥		١ر٧٧			−٤ر٤٦	
٦	٣ر٨٦		٠ر٦٨	+٠ر٤٩	−٣ر٣٧	
٧		١ر٢٢			−٠ر٧٣	
٨	٢ر١٨		٠ر٥٦	+٢ر١١	−ر٠٧	
٩	٠ر٦٤		٣ر٥٠	−٠ر٧٥	−١ر٣٩	
١٠		١ر٢٢			−١ر٩٧	
١١	٢ر٣٤		٣ر١١	−١ر٥٢	−٣ر٨٦	
١٢			٠ر٨٥		−٢ر٣٧	
مج	١٥ر٥٤	٧ر٦٦	٩ر١٨		٤٥ر٠٧	

ومنها أوجدنا منسوب النقطة (٢) ، (٣) ثم (٤) للتحقيق ، وللتحقيق من حساب المناسيب بالمعادلة (٤٦) نجد أن الطرف الأيمن يكون مساويا .

− ٤٥ر٧٠ − (−٨ر٧٣) + ٩ر١٨ + ٧ر١٦ = ١٩ر٥٠

والطرف الأيسر يكون مساويا

− ٥ر٧٥ × ٢ − ٢ر٦٩ × ٣ + ٠ر٤٩ × ٢ + ٢ر١١ × ١

− ٠ر٧٥ × ٢ − ١ر٥٢ × ١ = ١٩ر٥٠

وهذا تأكيد على صحة العمل الحسابي

تشكيل القطاعات الطولية

من أهم أغراض الميزانية هو الحصول على القطاعات أى الحصول على شكل تموجات سطح الأرض وتمثيلها بخط معين مستقيم أو منحنى على خريطة وذلك بتعيين مناسيب نقط معينة على هذا الخط والمسافات بينها.

ويمكن أن يعرف القطاع الطولى بأنه عبارة عن ناتج الميزانية الطولية التى تجرى عادة على محور مشروع هندسى مثل طريق زراعى أو جسر سكة حديد أو ترعة أو مصرف ، وبتوقيع هذه النتائج بالرسم ينتج القطاع الطولى .

وعادة تبدأ الميزانية من روبير أو أى نقطة معلوم منسوبها بحيث تكون قريبة من نقطة إبتداء القطاع ، ويمكن معرفة ذلك من الخرائط المخصصة لتلك المنطقة ، ثم تسلسل الميزانية حتى أول القطاع .

وبعد ذلك يبدأ الرصد على القسامات الموضوعة فوق نقط القطاع المختلفة وكذلك المسافات بينها . وينتهى العمل حتى آخر نقط القطاع ، ويستحسن الإستمرار فى سلسلة الميزانية بعد الوصول إلى آخر القطاع حتى أقرب روبير وذلك بأخذ مؤخرات ومقدمات فقط ، ومقارنة المنسوب الناتج لهذا الروبير من حساب الميزانية بمنسوب المدون بدفتر الروبيرات التى تخرجها مصلحة المساحة فيجب أن يتساوى المنسوبان أو لا يتعدى الفرق بينهما القيمة :

الخطأ المسموح بالكم = ١٠ $\sqrt{\text{طول الميزانية بالكم}}$	... (٤٩)

وفى حالة تعذر الوصول إلى أقرب روبير من النقطة الأخيرة للقطاع فيمكن

تحقيق صحه العمل بإعادة الميزانيه فى أتجاه عكسى للتحقيق من صحه القراءات والمناسيب .

ويلاحظ أن طريقه التدوين والحساب لا تختلف عما سبق إلا بإضافه عمود فى الجدول تدون به المسافات بالأمتار بين النقط وذلك بالنسبه لأول المشروع :

ولرسم القطاع تأخذ خانتى المسافات والمناسيب وتعتبر أحدهما المحور السينى وهو المسافات دائما ، والمحور الصادى وهو المناسيب ، ونظرا لأن المسافات الأفقيه طويلة جداً إذا قورنت بفروق المناسيب بين نقط القطاع لذلك ترسم المسافات الأفقيه بمقياس رسم صغير مثل ١ : ١٠٠٠ أو ١ : ٥٠٠٠ حسب مساحه الورقه وحسب الغرض الذى ينشأ من أجله القطاع الطولى ، وترسم الأبعاد الرأسيه التى تحدد المناسيب بمقياس رسم كبير وذلك بأن نأتى بالفرق بين أعلى نقطه وأوطى نقطه لكى نحدد المقياس الرأسى الذى يقرب إلى رقم صحيح مثل ١ : ٥٠ أو ١ : ١٠٠ — على هذا الأساس تظهر الفروقات فى الإرتفاع واضحه جدا إذ أننا بالنسبه فيها بأخذ مقاييس مختلفه ونوصل النقط ببعض بخطوط مستقيمه على إعتبار أن سطح الارض مستويا بين كل نقطتين متتاليتين . وبذا نحصل على القطاع الطولى الذى يبين شكل الأرض على محور الطريق أو الترعه أو المصرف وهكذا .

وغالبا ما يطلب من عمل الميزانيه الطوليه لإقامه مشروع بطول هذه الميزانيه فيحدد على القطاع الطولى المحور المطلوب ويسمى محور المشروع وهو أما أن يكون أفقيا أو مائلا ميل واحد أو عدة ميول حسب حاجه المشروع المطلوب كما هو الحال فى مشاريع إنشاء الطرق والجسور وبناء الكبارى وتخطيط شبكات

الترع والمصارف .

ويراعى أن النقط التى تؤخذ عندها المناسيب لرسم القطاع هى :

ا — النقط التى يتغير عندها إتجاه ميل سطح الأرض تغييرا ملموسا .

ب — النقط التى يتغير فيها الإتجاه .

حـ — أى نقط أخرى يراها المهندس ضرورية لدقة المشروع .

وإذا كان عرض المشروع (طريق أو ترعة) ضيقا فتكون مناسيب النقط على المحور ممثلة لجميع مناسيب النقط فى الإتجاه العمودى أو القطاع العرضى والمثال الآتى يوضح الطريقة المثلى للحصول على القطاع الطولى المطلوب وعلى سطح الإنشاء وكيفية حساب إرتفاعات الحفر والردم .

مثال :

أجريت ميزانية بغرض عمل قطاع طولى لمشروع طريق زراعى بين النقطتين ا عند الكيلو ١٤ر٠٠ والنقطه ب عند الكيلو ١٤ر٥٠٠ وكانت المسافات بين نقط الميزانية متساوية وكانت قراءات القامة كالآتى :

٥٢ر١ - ٩١ر١ - ٤١ر٢ - ٥٩ر٢ - ٩٢ر١ - ٤٨ر١ - ١٢ر١ - ٤٤ر٠ -
٥٠ر١ - ١٦ر١ - ٨٢ر١ - ٩١ر١ - ٢٣ر١ - ٣٠ر٢ - ٨٥ر٣

فإذا كان الميزان قد نقل بعد النقط : الثالثة والخامسة والسابعة والتاسعة — وكان منسوب النقطة الأولى هى ١٨ر٤٠ فالمطلوب :

رسم القطاع الطولى بين الكيلو ١٤ر٠٠ والكيلو ١٤ر٥٠٠ بمقاييس رسم مناسبة مبينا :

ا — الأرض الطبيعية .

ب — خط الإنشاء لطريق مقترح يبدأ من نقطة ا بميل ½ ٪ إلى أسفل

حـ — إرتفاع الحفر أو الردم عند جميع نقط القطاع .

الحـل

نبدأ أولا بترتيب الجدول وليكن بطريقة سطح الميزان وذلك للحصول على مناسيب الأرض الطبيعيه على طول المحور ومن الجدول نجد أن عدد نقط الميزانية ١١ نقطة بينها ١٠ مسافات متساوية كل منها يساوى .

$$\frac{١٤٥٠٠ - ١٤٠٠٠}{١٠} = ٥٠ \text{ متر}$$

وبمعلومية منسوب النقطة الأولى حسبت مناسيب باقى نقط القطاع ، كذلك حسبت مناسيب سطح الإنشاء بمعلومية إنحداره كما هو موضح فى الجدول التالى :

الحل

النقط	مسافات (متر)	قراءات القامة: مؤخرة	قراءات القامة: متوسطة	قراءات القامة: مقدمة	منسوب سطح الميزان	مناسيب النقط	منسوب المشروع	ارتفاع الحفر	ارتفاع الردم
ا — ١	٠٠	١ر٥٢			١٩ر٩٢	١٨ر٤٠	١٨ر٤٠		٠٠
٢	٥٠		١ر٩١			١٨ر٠١	١٨ر١٥		٠ر١٤
٣	١٠٠	٢ر٥٩		٢ر٤١	٢٠ر١٠	١٧ر٥١	١٧ر٩٠		ر٣٩
٤	١٥٠		١ر٩٢			١٨ر١٨	١٧ر٦٥	٠ر٥٣	
٥	٢٠٠	١ر١٢		١ر٤٨	١٩ر٧٤	١٨ر٦٢	١٧ر٤٠	٠ر٨٢	
٦	٢٥٠		٠ر٤٤			١٩ر٣٠	١٧ر١٥	٢ر١٥	
٧	٣٠٠	١ر١٦		١ر٥٠	١٩ر٤٠	١٨ر٢٤	١٦ر٩٠	١ر٣٤	
٨	٣٥٠		١ر٨٢			١٧ر٥٨	١٦ر٦٥	٠ر٩٣	
٩	٤٠٠	١ر٢٢		١ر٩١	١٨ر٧١	١٧ر٤٩	١٦ر٤٠	١ر٠٩	
١٠	٤٥٠		٢ر٣٠			١٦ر٤١	١٦ر١٥	٠ر٢٦	
ب — ١١	٥٠٠			٢ر٨٥		١٤ر٨٦	١٥ر٩٠		١ر٠٤

التحقيق الحسابي :

مجموع المؤخرات — مجموع المقدمات = ٧٫٦١ — ١١٫١٥
= — ٣٫٥٤ مترا

منسوب آخر نقطة — منسوب أول نقطة = ١٤٫٨٦ — ١٨٫٤٠
= — ٣٫٥٤٠ مترا

ملاحظات على الجدول :

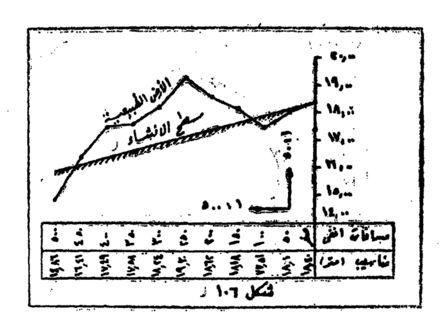
١ — يلاحظ أن خط الإنشاء يبدأ بالنقطة الأولى مع الأرض الطبيعية ويميل بمقدار ½٪ أى ٥٠ سم كل ١٠٠ متر أو ٢٥ سم كل ٥٠ متر ومنها يستنتج منسوب الانشاء لكل نقطة .

٢ — فى مسافة ٥٠٠ متر نجد أن منسوب الإنشاء لآخر نقطة هو ١٥٫٩٠

٣ — لايجاد ارتفاع الحفر أو الردم يحسب الفرق بين منسوبى الإنشاء والأرض الطبيعية فإذا زاد منسوب خط الإنشاء عن الأرض الطبيعية كان المطلوب هو ردم والعكس يكون حفر .

رسم القطاع :

إستخدم فى رسم القطاع مقياس رسم أفقى مقداره ١ : ٥٠٠٠ ومقياس رسم رأسى مقداره ١ : ٥٠ ، أى أن على المحور الأفقى ١ سم لكل ٥٠ مترا وعلى المحور الرأسى ١ سم لكل ٥٠ سم وحيث أن أوطى منسوب لسطح الأرض الطبيعية ولسطح الإنشاء هو ١٤٫٨٦ لذلك إعتبرنا أن سطح المقارنة هو منسوب ١٤٫٠٠ كما هو موضح فى شكل (١٠٦) .



الميزانية العرضية

الميزانية العرضية هى ميزانية تجرى فى الإتجاه العمودى على الميزانية الطولية عند نقطها المختلفة فى مساحة عرض المشروع المزمع إنشاؤه والغرض منها هو :

١ - معرفة تشكل الأرض على جانبى محور الميزانية الطولية .

٢ - إيجاد مكعبات الأتربة بدقة مثل إيجاد مكعبات الحفر والردم الناتجة من تطهير الترع أو المصارف أو ترميم الجسور أو تعديل قطاعاتها أو حساب مكعبات الحفر والردم عند إنشاء الطرق وجسور السكك الحديدية الجديدة .

تشكيل القطاعات العرضية :

تؤخذ القطاعات على مسافات متساوية إذا كانت الأرض منتظمة الإنحدار

وتؤخذ عادة على مسافات ٥٠ متر ويسمى كل قطاع بحسب بعده عن نقطة الإبتداء فى الميزانية الطولية أى بعده عن نقطة أول المشروع . كما يجب أن تؤخذ قطاعات عرضية كلما تغيرت طبيعة الأرض .

وتوجد طريقتان أساسيتان لعمل القطاعات العرضية :

الأولى : ويبدأ بعمل الميزانية للقطاع إبتداء من محوره .

والثانية : ويبدأ بعمل الميزانية للقطاع إبتداء من أحد الجانبين .

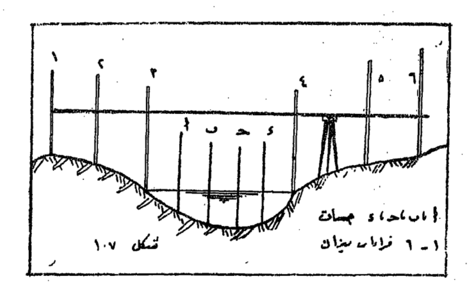
وتستخدم الطريقة الأولى فى الأعمال الإنشائية كإنشاء ترع أو مصارف أو طرق جديدة ويخطط محور المشروع على الخريطة ، ثم يوقع فى الطبيعة بدق أوتاد أو شواخص ، ثم نبدأ عمل الميزانية على يمين ويسار المحور .

ويختلف جدول الميزانية العرضية عن الميزانية الطولية بتقسيم خانة المسافات إلى ثلاثة أقسام الأولى خاصة بأبعاد النقط على القطاع من إبتداء المحور الطولى وعلى يمينه والثانية خاصة بأبعاد القطاعات على المحور الطولى من إبتداء المشروع والثالثة خاصة بأبعاد النقط على القطاع يسار المحور الطولى .

وتسلسل ميزانية من أقرب روبير أو نقطة معروف منسوبها ، ويوضع الميزان فى مكان يسهل منه رؤية جميع نقط القطاع ، ثم يعرف منسوبه من الميزانية المسلسلة ثم توضع القامة على المحور عند موقع القطاع وتقرأ وتقيد فى الخانة الخاصة بها ويكتب أمامها فى خانة المحور صفر . ثم توضع القامة فى نقطة لتكون فى الأبعاد العمودى على المحور وتقيد فى خانة المتوسطات ويدون المسافة فى خانة يمين أمام كل نقطة بما يقابلها من هذه الأبعاد ، وننتقل

إلى اليسار ، ويتم العمل فى جميع القطاعات الأخرى بنفس الطريقه ، ويمكن نقل الميزان إلى نقط أخرى معروف منسوبها من الميزانيه الطوليه أو المماسلة إذا لم يمكن أخذ قراءات القامه لجميع القطاعات من موضع واحد للميزان .

أما الطريقه الثانيه فتتبع غالبا فى حاله تطهير الترع والمصارف ويتعذر علينا تعيين محور الترعه لوجوده فى المياه ويبدأ بعمل القطاع من الجهه اليسرى عادة وتنتقل القامه فى إتجاه عمودي على طول الترعه وتوضع فى كل نقطه يلاحظ فيها التغيير وهكذا حتى نصل إلى نقطه تلاقى سطح الماء بالميل الجانبي للترعه فتؤخذ عندها قـــراءة ويعين منسوبها ويكون هو منسوب سطح الماء وبعدها تعمل جسات بالمجرى لمعرفه عمق القاع عن سطح الماء . ويمكن إيجاد مناسيب القاع بطرح مقدار الجسات من منسوب سطح الماء شكل (١٠٧) .



شكل ١٠٧

والجدول الآتى يبين نتـــائج ميزانيه عرضيه لمشروع إنشاء طريق عرض قطاعه ٩ متر وميوله الجانبيه لقطاعه ١ : ١ ومنسوبه ١٦٫٥٠ — والكروكى شكل (١٠٨) يبين مواضع القامات عند القطاعات .

جدول الميزانية العرضية

مؤخرة	متوسطة	مقدمة	المسافات يمين	المسافات محور	المسافات يسار	سطح الميزان	منسوب النقطة	ملاحظات
١ر١٠						١٧ر٦٠	١٦ر٥٠	روبير منسوبه ١٦ر٥٠
	١ر٤٠			صفر			١٦ر٢٠	أول المشروع
	١ر٤٢			٥٠			١٦ر١٨	
	١ر٥٠		٢ر٥٠	٥٠			١٦ر١٠	قطاع ٥٠
	١ر٤٥		٥ر٠٠	٥٠			١٦ر١٥	
	١ر٣٥			٥٠	٢ر٥٠		١٦ر٢٥	
	١ر٢٧			٥٠	٥ر٠٠		١٦ر٢٣	
١ر٥٠		١ر٣٠				١٧ر٨٠	١٦ر٣٠	نقطة دوران
	١ر٤٦			١٠٠			١٦ر٣٤	
	١ر٤٠		٢ر٥٠	١٠٠			١٦ر٤٠	قطاع ١٠٠
	١ر٤٣		٥ر٠٠	١٠٠			١٦ر٣٨	
	١ر٤٥			١٠٠	٢ر٥٠		١٦ر٣٥	
		١ر٤٠		١٠٠	٥ر٠٠		١٦ر٤٠	
٢ر٦٠		٢٧٠						

ملحوظة : أنظر البكروكي شكل ١٠٨

التحقيق الحسابي لحساب المناسيب :

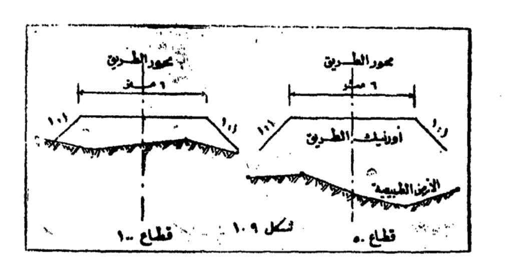
ج الؤخرات — ج المقدمات = ٢٫٦٠ — ٢٫٧٠ = — ٠٫١٠

منسوب آخر نقطه — منسوب أول نقطه = ١٦٫٤٠ — ١٦٫٥٠

= — ٠٫١٠ متراً

وترسم القطاعات العرضيه بنفس الخطوات المتبعه فى رسم القطاعات الطوليه مع إستعمال مقياس رسم واحد عادة للابعاد والمناسيب على السواء ، وذلك لأن الأبعاد فى هذه الحاله لا تكون كبيرة إذا قورنت بفروق المناسيب بين النقط وبعضها ، وترسم عادة بمقياس رسم ١ : ٢٠٠ أو ١ : ١٠٠ أو ١ : ٥٠

وشكل (١٠٩) يبين القطـــاع العرضى عند مسافه ٥٠ ومسافه ١٠٠ متر وكذلك أورنيك الطريق المقترح .



شكل ١٠٩

الميزانية الشبكية

تستعمل هذه الميزانية عندما يراد معرفة مناسيب النقط الموجودة على سطح الأرض فى منطقة محددة ويتم ذلك :

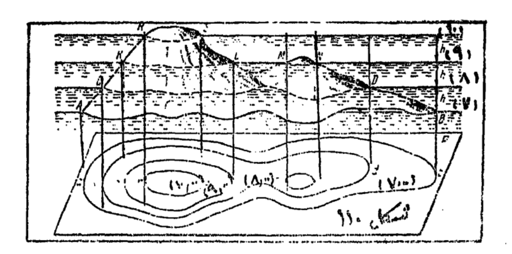
١ — ببيان بعد كل نقطة عن الأخرى أفقيا ويكون ذلك برفع المنطقة وتحديد مواضع النقط المختلفة .

٢ — بتعيين منسوب كل نقطة من النقط السابقة .

وعند تنفيذ المشروعات الهندسية والزراعية يلزم معرفة مناسيب النقط المختلفة للمشروع ومن هنا صارت الميزانية الشبكية ذات أهمية كبرى فى الخرائط المعدة لتصميم مثل هذه المشروعات ولتسهيل بيان طبيعة الأرض، ومعرفة طبوغرافيتها توصل النقط المتساوية المناسيب بخط يطلق عليه خط الكنتور :

خط الكنتور :

يمكن تعريف خط الكنتور بأنه عبارة عن خط تقاطع سطح الأرض بمستوى أفقى معلوم المنسوب ، وجميع نقطه ذات منسوب واحد هو منسوب خط الكنتور فمثلا خط كنتور (٢٠) هو الخط الذى يصل النقط ذات المنسوب (٢٠) ، والخرائط التى يبين فيها مناسيب النقط بخطوط الكنتور تسمى الخرائط الطبوغرافية أو الكنتورية ، وغالبا تكون خطوط الكنتور ذات مناسيب صحيحة فمثلا إذا فرض وجود مرتفع كما فى شكل (١١٠) وقطع بعدة مستويات أفقيه مناسيبها ١٠ ، ٩ ، ٨ ، ٧ ، وهكذا فينتج لنا خط كنتور ٩ وخط كنتور ٨ ويقال فى هذه



شكل ٩١٠

الحـــالة أنه لدينا فاصل رأسى مقداره مترا واحدا ويعرف هـــذا الفاصل الرأسى بالفترة الكنتورية .

الفترة الكنتورية

هى البعد الرأسى بين كل خطى كنتور متتاليين .. وهناك عدة عوامل تحدد قيمة الفترة الكنتورية أهمها :

١ — الغرض الذى من أجـــله ستستخدم فيه الخريطة الكنتورية فإذا كان الغرض من عمل خطوط الكنتور هو تسوية أرض زراعية أو حساب المكعبات منها كانت الفترة الكنتورية صغيرة .

٢ — الوقت المحدد لعمل الميزانية وتكاليفها — فتكبر الفترة الكنتورية كلما كان الوقت المحدد لعمل الميزانية قصيرا .

٣ — المساحة — فكلما كانت المساحة كبيرة كانت الفـــترة الكنتورية كبيرة نسبياً .

٤ — طبيعة المنطقة .. فاذا كانت المنطقة ذات إرتفاعات أو إنخفاضات كثيرة قلت الفترة الكنتورية وتعرف الأرض حينئذ بأنهـا ذات طبوغرافية شديدة .

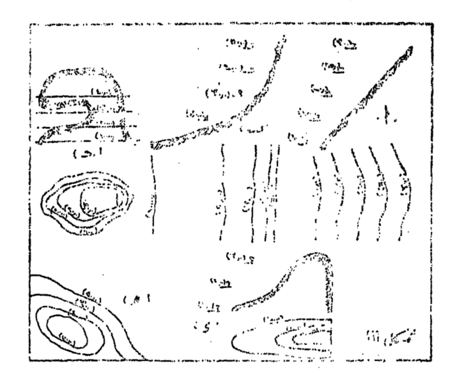
٥ — مقيـاس رسم الخريطة — فيجب إختيار الفترة الكنتورية بحيث لا تختلط خطوط الكنتور ببعضها .

خواص خطوط الكنتور (شكل ١١١)

١ — جميع النقط الواقعة على خط كنتور معين ذات منسوب واحد ثابت هو منسوب الخط .

٢ — إذا كانت أبعـاد خطوط الكنتور عن بعضها متساوية دلت على أن الأرض منتظمة الميل (شكل ١١١ — ا) .

٣ — تتقارب خطوط الكنتور فى الإنحدارات الشديده وتتباعد فى الأراضى السهلة الإنحدار (شكل ١١١ — ب) .



٤ — لا تتقاطع الكنتور إلا نادراً فى حالة الكهوف مثلا أو وجود تجويف (شكل ١١١ — جـ) .

٥ — تماس خطوط الكنتور فى نقطة واحدة أو خط واحد ويكون ذلك فى حالة إنخفاض أو ارتفاع رأسى كما فى حالة الجروف (شكل ١١١ — د) .

٦ — جميع خطوط الكنتور يجب أن تكون مقفلة حتى ولو كان ذلك خارج الوجه إذ أن خط الكنتور لا ينتهى (١١١ — هـ) .

عمل مشروع خريطة كنتورية .

خطوات تنفيذ مشروع عمل خريطة كنتورية هى :

أولا عمل ميزانية شبكية للارض بتعيين مناسيب عدد كاف من النقط عليها

ثانيا — توقيع هذه النقط بمناسيبها على الخريطة .

ثالثا — رسم خطوط الكنتور .

أولا : عمل الميزانية الشبكية :

هناك عدة طرق لعمل الميزانية الشبكية وأهمها :

ا) طريقة المربعات أو المستطيلات .

ب) طريقة المحور

١ — طريقة المربعات او المستطيلات .

وفيها تقسم الأرض إلى مربعات متساوية أو مستطيلات ولذلك تحصر القطعة داخل محيط مضلع أضلاعه عمودية على بعضها وتغرس شواخص المحيط

على أبعاد متساوية من بعضها و تقــام أعمدة منها على اضلاع المحيط، وتكون مربعات أو مستطيلات ، ثم يبدأ بعمل الميزانية لتعين منسوب كل نقطه ويدون بجوار مسقطها الأفقى ويختـــار طول الضلع عادة ٤٠ ، ٥٠ مترا فى الأراضى الزراعيه أما فى أراضى البناء المراد ردمها فيختار طول الضلع عادة ٥ أو ١٠ أو ٢٠ مترا .

ب — طريقة المحور

يثبت محور مستقيم فى وسط الأرض ويميز بأوتاد أو شواخص ثم تقام أعمدة على المحور كل ٤٠ أو ٥٠ مترا إذا كان ميل الأرض منتظما أو تقام هذه الأعمدة عند كل نقطة يختلف فيها إنحـــدار الارض ثم تشكل قطاعات عرضية عمودية على المحور ثم نأتى بمناسيب المحور ومناسيب النقط التى يتغير فيهـــا إنحدار الأرض على القطاعات العرضيه .

ثانيا — توقيع النقط ومناسيبها على الخريطة :

توقع النقط بأبعادها على الخريطه بمقياس الرسم المطلوب وتحسب مناسيبها من أقرب روبير أو من نقطه معـــلوم منسوبها و يمكن اختيار أكثر من نقطه دوران اذا أريد وضع الميزان فى أكثر من وضع .

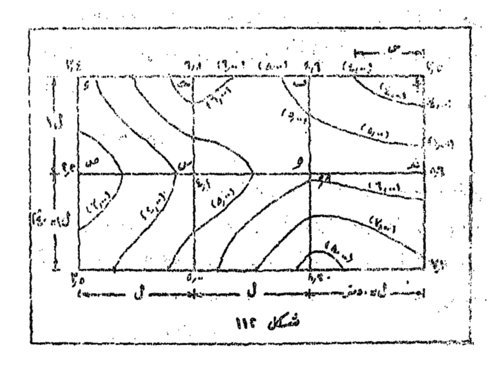
ثالثا — رسم خطوط الكنتور :

هناك عدة طرق لرسم خطوط الكنتور أهما .

١ — الطريقة الحسابية :

بفرض أن المطـــلوب هو رسم خطوط الكنتور بفترة كنتوريه قدرها

١ متر للمنطقة التى أجريت لها ميزانية شبكية والمبينة فى شكل (١١٢) ، لذلك بأخذ كل خط من خطوط الشبكية على حدة ونعتبر ان سطح الأرض على إمتداده ذو إنحدار ثابت وعلى هذا تحدد مواقع النقط ذات المناسيب الثابتة (أى التى



شكل ١١٢

منسوبها ١ متر ، ٢ متر ، ٣ متر ، ..) وعلى سبيل المثال ا ب والذى منسوب نقطه ا عليه هو ٣ر٢ م ومنسوب نقطة ... هو ٦ر٤ م هناك نقطة منسوبها ٠ر٤ تقع على الأنحدار الثابت بين ا ، ب . ولتعين بعد هذه النقطه الأفقى س من نقطة ا (النقطة ذات المنسوب الأقل) نأتى بفرق المنسوب بين النقطتى ا ، ب وليكن ع وكذلك فرق المنسوب بين النقطة المطلوب تعيينها (منسوب ٠ر٤) وبين أوطى نقطة (نقطة ا) وليكن ع١ وبذا فان .

$$\frac{ع_1}{ع} = \frac{س}{ل}$$

أى أن

$$س = \frac{ع_1}{ع} \cdot ل \qquad \text{... (٥٠)}$$

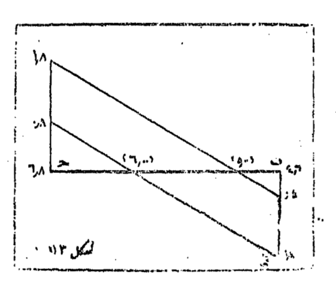
وبذا يمكن تحديد موقع النقطة ذات المنسوب الصحيح . أما إذا كان الخط عليه أكثر من نقطة مثل الخط ب ح والذى يمثل إنحدارا ثابتا تقع عليه النقط ذات مناسيب ثابتة ٠,٥٠ ، ٠,٥٠ فانه تحسب مسافتين س ، س١ من المعادلة (٤٧) لتحددان بعد النقطتين عن النقطة ذات المنسوب الأقل .

بعد الحصول على كل النقط ذات المناسيب الثابتة فى الشبكة نصل بين النقط ذات المنسوب الواحد لنحصل على خط الكنتور الذى يمثلها مع مراعاة خواص خطوط الكنتور عند توصيل النقط . وعادة إذا بدأنا بنقطة ذات منسوب معين على أحد خطوط الشبكة فاننا نبحث عن نقطة لها نفس المنسوب فى أحد الخطين المجاورين لنصلها بها) إما إذا لم نجد فأننا نبحث على نقطة لها نفس المنسوب فى الضلع المقابل لنصلها بهـا ففى شكل (١١٢) بعد أن حددنا موقع النقطة التى منسوبها (٠,٥٠) على الخط ب ب وجدنا أن هناك نقطة أخرى لها نفس المنسوب على الخط المجاور ؛ هـ وصلت بهـا . وعلى الخط ؛ هـ أيضا كان هناك نقطه أخرى منسوبها (٠,٥٠) ، وبالبحث عن نقطة ذات منسوب (٠,٥٠) على الأضلاع المجاورة لم نجد ، لذلك وصلت هذه النقطة بنقطة لهـا نفس المنسوب على الضلع المقابل ب و وبالمثل وصلت جميع النقط المتناظرة فى الشبكة للحصول على جميع النقط المتناظرة فى الشبكة للحصول على جميع خطوط الكنتور كما هو موضح فى شكل (١١٢) .

والطريقة الحسابية لتحديد مواقع النقط ذات المنسوب الثابت على الشبكة تناسب الشبكات الصغيرة ذات العدد المحدود من المربعات أو المستطيلات أما إذا زاد العدد فتستخدم الطرق البيانية والميكانيكية ولو أن وجود الحاسبات الالكترونية البسيطة سهلت الطريقة الحسابية .

٢ — الطريقة البيانية (طريقة النسبة والتناسب)

يمكن تعيين النقطة ذات منسوب ٠٠ر٤ على الضلع ا ب وذلك بالرسم مباشرة باعتبار أن ا تنخفض عن النقطة ذات منسوب ٠ر٤ بمقدار ٨ر٠ متر والنقطة ب ترتفع عن النقطة ذات منسوب ٠٠ر٤ بمقدار ٦ر٠ متر . فلو أخذنا أى خط بنفس طول ا ب (ويمكن أخذ الخط ا ب نفسه) وأقمنا من بدايته وعند نقطة ا عمودا بطول يناظر ٧ر٠ مترا بأى وحدات من أسفل (إنخفاض) ثم من ب عمودا آخر بطول ٦ر٠ مترا بأى وحدات إلى أعلى (إرتفاع) ووصلنا بين نهايتى العمودين فان الخط الناتج سيقطع الضلع ا ب فى النقط ذات منسوب ٠٠ر٤ وشكل (١١٣) يبين كيفية الحصول على النقطة ذات مناسيب ٠٠ر٥ ، ٠٠ر٦ على الخط ب د .

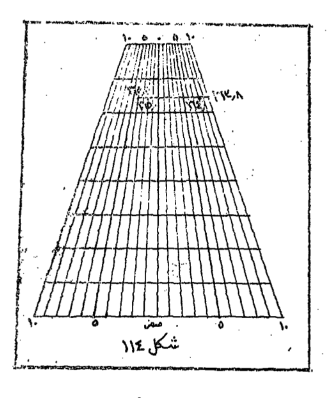


شكل ١١٣ .

وهذه الطريقة تعتبر أسرع من السابقة وأن كان يعيبها كثرة الخطوط المرسومة على الشبكة مما يشوه شكلها .

٣ — طريقة الشفاف (الطريقة الميكانيكية) :

تتلخص هذه الطريقة فى أننا نرسم مثلث متساوى الساقين مثلا ونقسم قاعدته إلى أجـــزاء متساوية كبيرة (أربعة مثلا) كما فى شكل (١١٤) وذلك على ورقة شفاف أو كالك ثم نقسم كل قسم بدوره إلى أى عدد من الأقسام الصغيرة المتساوية وليكن خمسة أقسام — ثم نصل نقط التقسيم برأس المثلث المقـــابلة مع تمييز الأقسام الكبيرة بخطوط متقطعة أو سميكة .



شكل ١١٤

ونرسم موازيات للقـــاعدة ويستحسن أن تكون على مسافات متساوية ، ولتعيين المناسيب بهذه الطريقة نتبع الآتى :

١ — نفرض أن لدينا خط ا ب حيث منسوب ا (١٦٣٫٨) مترا ومنسوب ب (١٦٥٫٢) مترا ، والمطلوب هو تعين نقطتين على ا ، ب منسوبها (١٦٤) ، (١٦٥) مترا .

نلاحـــظ أن الفرق بين المنسوبين ا ، ب هو ١٫٤ مترا أى ١٤ وحدة ونعتبر أن كل وحدة تقابل قسما صغيرا من أقسام المثلث الشفاف .

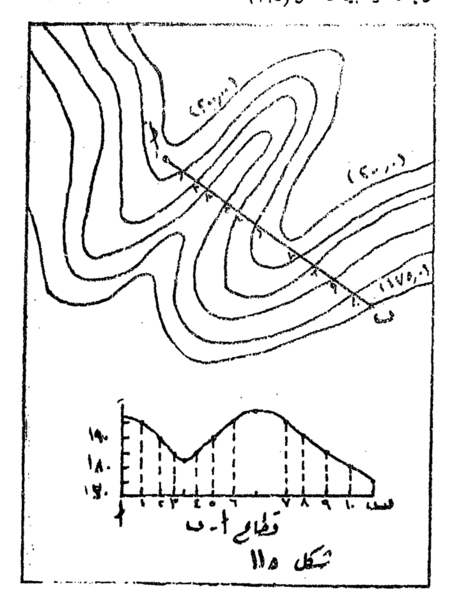
٢ — نضع المثلث الشفاف ونجعل الخط الواصل بين النقطتين ا ، ب موازيا للقاعدة ، وتحرك المثلث الشفاف بشرط أن نحافظ على موازاة ا ب والقاعدة حتى يحصر الخط ا ب ١٤ مسافة من مسافات المثلث .

٣ — نضع دبـــوس على بعد قسمين من ا فتتعين النقطة ذات منسوب (١٦٤٫٠٠) ونضع دبوس على بعد قسمين من ب فتتعين النقطة ذات المنسوب (١٦٤٫٠٠) كما فى شكل (١١٤) ، وذلك لأن نقطة ا تنخفض ٠٫٢ متر عن النقطة ذات المنسوب (١٦٠٫٠٠) فى حين أن النقطـة (ب) ترتفع بمقدار ٠٫٢ متر عن النقطة ذات منسوب (١٦٥٫٠٠) . ويلاحظ أننا على الرسم عبرنا عن نقطة ا بالمقدار ٣٫٨ بدلا من ١٦٣٫٨ وبالمثل النقطة ب .

٤ — يمكن الإستعاضـة عن المثلث المقسم بشبكة خطوط متوازية وتعـين نقط الكونتور المختلفة مثل حـ ، و فى المثـال السابق وذلك بجعل نقطة الصفر تقع على ا مثل وندير الورقـــة الشفافة حتى تمر نقطة ب بالخط الذى يعين القسم ١٤ فتكون نقطة كونتور (١٦٤) حـ على القسم الثانى وكونتور (١٦٩) و على القسم الثانى عشر إبتداء من نقطه الصفر .

رسم القطاعات من خطوط الكونتور .

إذا قطعت خطوط الكونتور فى أى خطريطة كونتورية بمستوى رأسى فانه يمكن رسم شكل القطاع الناتج وذلك بمعرفة المسافات الأفقيه بين نقط تقاطع المستوى مع خطوط الكونتور من الخريطه وبمعرفة مناسيب خطوط الكونتور وتستعمل نفس القواعد والمقاييس كالتى إستخدمت فى تشكيل ورسم القطاعات الطولية كما هو مبين فى شكل (١١٥) .



شكل ١١٥

استعمالات خطوط الكنتور .

تستعمل خطوط الكنتور فى أغراض شتى لتخدم القطاعات الهندسيه والزراعية وأهم إستعمالات خطوط الكنتور هى :

١ — الحصول على قطاعات من الخريطة مباشرة لاستخدامها فى دراسة وتخطيط المشروعات المختلفة .

٢ — تعيين كميات الأتربة وسعة الخزانات واماكن السدود ومواقع الخزانات .

٣ — تخطيط الترع والمصارف — فتوضع مثلا الترع فى الأماكن العالية والمصارف فى الأماكن المنخفضة .

٤ — تستعمل فى عمليات تسوية الأراضى للرى والزراعة .

٥ — تستعمل فى تعيين ميول سطح الأرض وفى تحديد محاور الطرق والترع والمصارف ذات الميول الثابتة المطلوبة .

مصادر الاخطاء فى الميزانية

تتعدد الأخطاء فى عمل الميزانية ، وهذه الأخطاء متنوعة فمنها أخطاء منتظمة وأخطاء غير منتظمة وتسمى أخطاء عرضية ومصـــادر هذه الأخطاء كثيرة وأهمها :

(١) الأخطاء الناتجة من الأجهزة المستخدمة فى الميزانية (الميزان ، والقامة)

(ب) الأخطاء الناتجة من إستعمال هذه الأجهزة .

(ح) الأخطاء الناتجة من طريقة رصد وتدوين النتائج .

(ى) الأخطاء الناتجة عن العوامل الطبيعية التى تؤثر فى نتائج الميزانية .

ويمكن تلخيص جميع هذه الأخطاء فى النقاط الآتية :

١ — أخطاء الميزان وينتج ذلك من عدم ضبطه ضبطا دائما أو مؤقتا .

٢ — أخطاء وضع الميزان وذلك بمسك الحامل أثناء القراءة أو تغيير موضع الفقاعة فى ميزان التسوية .

٣ — أخطاء وضع القامة حيث يؤدى عدم رأسية القامة إلى القراءه الخطأ

ويؤدى وضع القامة فى أرض رخوة بدون قاعدة حديدية إلى إختلاف قراءات القامة خاصة عند نقط الدوران .

٤ — أخطاء القراءة على القامة .

٥ — أخطا التدوين فى جدول الميزانية .

٦ — تأثير إنكسار الأشعة نتيجة لإختلاف درجات الحرارة وكثافة الهواء فى الطبقات الهوائية المختلفة القريبة من سطح الأرض .

٧ — إرتفاع درجة الحرارة للجهاز نتيجة سقوط أشعة الشمس على جهة واحدة من الجهاز .

مسائل على الميزانية

١ — أخذت القراءات الآتية للقامة بقصد تعين مناسيب النقط المختلفة على قطاع طولى فكانت :

١٫٦٠ (٢٫١٠) ٢٫٦٠ ١٫٧٠ (١٫٥٠) ١٫٨٠ ٢٫٣٠

(٣٫٢٠) ٣٫٤٨ ٢٫١٥ ١٫٣٢ ٢٫٤٧ ٣٫٧٥

فإذا كانت القراءات بين الأقواس هى مقدمات وكان منسوب النقطة الرابعة هو (٨٫٦٥) مترا — عين مناسيب النقط على طول القطاع بطريقة الإرتفاع والإنخفاض مع تحقيق العمل الحسابى .

٢ — أخذت قراءات القامة التالية فى ميزانية طولية :

المؤخرات هى	٫٦٤٦	٢٫١٩٩	٣٫١٦٤	٫٧٤٤٠
المتوسطات هى	٢٫٤٢٢	٣٫٤٨٤	١٫٨٦٤	
المقـــدمات	٢٫٥١١	٫١٧٤٠	٢٫٢٨٨	٢٫١٦٤

عين مناسيب النقط المختلفة فى جدول الميزانية بطريقة سطح الميزان إذا كان منسوب النقطة الأخيرة هو ٢٫٨٧٦ وأن القـــراءات على النقط الثانية والثالثة والخامسة متوسطات . حقق العمل الحسابى .

٣ — من ثلاثة أوضاع للميزان أخذت قراءات القامة على قطاع طولى لتعين مناسيب نقطه المختلفة فكانت :

الوضع الأول : ١ر٢٥ ٢ر٧٥ ٣ر٨٤ ٢ر١١

الوضع الثانى : ٠ر٢٨ ١ر٤٧ ٢ر١٤ ٣ر٦٢ ٢ر٨٢

الوضع الثالث : ١ر١٩ ١ر١٣ ١ر٧٣ صفر ٢ر١٦

فاذا كان منسوب النقطة الرابعة هو (٧ر٥٠) مترا فعين فى جدول الميزانية مناسيب نقط القطاع مستعملا طريقة فرق الإرتفاع . حقق العمل الحسابى .

٤ — عملت سلسلة ميزانية لتعين منسوب روبير ب إبتداء من روبير ا منسوبه (٢٨ر٤٠) وكانت القراءات هى :

٠ر٥٢ ٠ر٩١ ١ر٤١ ١ر٥٩ ٠ر٩٢ ٠ر٤٨ ٠ر١٢

٠ر٤٤ ٠ر٥٠ ٠ر١٦ ٠ر٨٢ ٠ر٩١ ٠ر٢٢ ١ر٣٠

٢ر٨٥ — وكانت النقط الثالثة والخامسة والسابعة والتاسعه نقط دوران فما هو منسوب الروبير ب .

الجواب (منسوب ب = ٢٤ر٨٦)

٥ — دون نتائج الميزانية الآتية فى جدول وأستنتج مناسيب النقط مع العلم بأن منسوب أول نقطة ٢٢ر٧٥ مترا — وأن القراءات المدونة بين القوسين مؤخرات :

١٫١٣ ١٫٤٥ ١٫٦٧ ١٫٩٢ (٢٫١٥) ١٫٦٥ ١٫٤٧ ١٫٠٢ (١٫١٤) ١٫٢٧ ١٫٥٦ — إستعمل طريقة سطح الميزان وحقق العمل الحسابى .

الجواب [المناسيب هى ٢٢٫٧٥ - ٢٢٫٤٢ - ٢٢٫٢٠ - ٢١٫٩٥ - ٢٢٫٤٥
٢٢٫٦٣ - ٢٢٫٠٨ - ٢٢٫٩٥ - ٢٢٫٦٦]

٦ — عند إجراء ميزانية طولية كانت قراءات القامة هى :

٢٫٠١ - ١٫١٧ - ١٫٤٨ - ٠٫٨٧ - ٢٫٨٠ - ٢٫٨٥ - ١٫٥٠

١٫١٢ - ٢٫٩٥ - ١٫٨٥ - ٢٫٤٠ - ٢٫٠٠ - ٢٫٢٨ - ١٫٩٨

٢٫٨٨ - ١٫١٧ - ٠٫٤٤ - ٢٫٠٥

وكان الميزان قد نقل بعد القراءة الثانية والخامسة والتاسعة والحادية عشر والرابعة عشر والسادسة عشر وكان منسوب النقطة السادسة هو ٤ متر تحت سطح البحر عين مناسيب النقط المختلفة وحقق العمل .

٧ — أجريت ميزانية طولية على أرض تنحدر فى إتجاه واحد فكانت القراءات هى :

٠٫٩٥ ١٫٤٤ ٤٫١٢ ٣٫٧٨ ٠٫٨٨ ١٫٥٦ ١٫٢٤

٣٫٥٦ ٠٫٧٤ ١٫٤٨ ٢٫١٦ ٣٫٣٥ ٠٫٨٥ ١٫٦٥

٢٫٤٢ ٢٫٩٨ ٣٫٦٥ — أحسب مناسيب النقط المختلفة إذا كانت النقطة الرابعة ذات منسوب (— ٩٫٨٠) .

٨ — القراءات الآتية أخذت فى ميزانية طولية على محور طريق :

٢٫٠١ ١٫٢٧ ١٫٤٨ ٠٫٩٨ ٫١٨ ٢٫٨٥ ١٫٥٠ ١٫١٢

١٫٨٤ ١٫٢٣ ٣٫٩٥ ١٫٠٠ ٢٫٣٠ ٢٫٢٨ ٢٫٩٨ ٢٫٠٠

فاذا كان منسوب أول نقطة هو (٢٣٫١١) فاحسب مناسيب النقط المختلفة بطريقة يمكننا التحقق بها مناسيب النقط الثالثة والخامسة والسابعة والتاسعة علماً بأن النقطة الثانية والرابعة والسادسة والثامنة كانت نقط دوران .

٩ — وضع ميزان دمبى فى منتصف المسافة بين قامتين فكانت القراءتين على القامتين هما ٣٫٧٦٥ متراً ، ٢٫٨٣٢ متراً — ثم نقل الميزان ووضع بجوار القامة الأولى وأخذت القراءتين للقامه فكانت ٣٫٣٧٥ متراً ، ١٫٩٤٥ — ماهى قراءة القامه الصحيحه عند النقطه الثانيه — إرسم خط النظر للمنظار فى الحالتين .

الجواب (القراءة هى ٢٫٣٠٧ متراً) .

١٠ — القراءات الآتيه أخذت فى أرض تتوسطها بركة من المياه وكانت القراءات السابعه والثامنه والتاسعه عبارة عن جسات وكان الميزان قد نقل بعد القراءة الرابعه والسادسه والعاشرة المأخوذة من سطح الميزان وكان منسوب النقطه الخامسه (منسوب سطح ماء البركة) ثلاثة أمتار تحت سطح البحر .

عين مناسيب النقط المختلفة بما فى ذلك نقط الجسات .

٢ر٧٦ ٣ر٦٤ ٢ر٨٤ ٠ر١٨ ١ر٧٧ ١ر٢٨ ٢ر٤٤ ٣ر١٨
٢ر٢٢ ١ر٠١ ١ر٢٣ ٠ر٣٧ ١ر٨٨ ٠ر٩٦ ٠ر٩٨ ٣ر٠٤
٠ر٧٦

الجواب : المناسيب هى :

— ٦ر٠٧ — ٦ر٩٥ — ٦ر١٥
— ٣ر٤٩ — ٣ر٠٠ — ٣ر٢٢
— ٢ر٢٦ — ٣ر٨٧ ... ٤ر١٩
— ٦ر٢٥ — ٣ر٩٧ والجسات هى
— ٥ر٤٤ — ٦ر١٨ — ٥ر٢٢

١١ — أخذت القراءات الآتية للقامة — بقصد تعين مناسيب النقط المختلفة للقطاع الطولى ا ب — فكانت :

١ر١٤ ٢ر١٣ ١ر٩٥ ١ر٧٨ ١ر٨٠ ٢ر٣٤
٣ر٢٥ ٣ر٤١ ٢ر٠١ ١ر٢٧ ٢ر٤٣ ٢ر٧٢

وكانت القراءات الثانية والخامسة والثامنة هى مقدمات، ومنسوب النقطة السادسة هو (٨ر٦٠) .

عين مناسيب النقاط بطريقتى سطح الميزان وفرق الإرتفاع فى جدول واحد — وما حكمك على هذه الميزانية إذا كانت المسافة ا ب ٨٠٠ متر ونقطة ب روبير منسوبه ٩ر٢٩ مترا .

١٢ — لعمل قطاع طولى أخذت القراءات التالية على نقط القطاع .

٢ر١٥   ٠ر٧٥   ٣ر١٤   ١ر١٢   ٠ر١٨   ١ر٤٣   ٢ر١٤
٣ر٢٢   ١ر٨٢   ٢ر٤٥   ١ر١٣

وكان الميزان قد نقل بعد النقط الثالثة والرابعة والسابعة من نقط المشروع التى تتباعد عن بعضها بمقدار ٣٠ مترا — أحسب مناسيب النقط لو كان منسوب أول نقطه هو ٢٦ر٣٨ — إرسم القطاع الطولى مبينا عليه الأرض الطبيعية وخط الإنشاء لطريق يميل ½٪ إلى أعلى ومنسوب أوله ٢٥ر٥٠ - وعين إرتفـــاع الحفر والردم اللازمين لإتمام هذا الطريق .

١٣ — عند إجراء ميزانية طولية على قطاع طولى كانت قراءات القامة :

٣ر١١   ٢ر٥٨   ١ر٩٧   ٢ر٠٨   ٢ر٨٥   ١ر٥٩   ١ر١٢
٢ر٩٥   ٠ر٨٤   صفر   صفر   ١ر١٨   ١ر٢٤   ٤٤ر
٠ر٣٣   ١ر١٣   ١ر٨٧   --   وكان الميزان قد نقل بعد القراءات الرابعة والسادسة والعاشرة والرابعة عشر — عين فى جدول الميزانية مناسيب نقط القطاع إذا كان منسوب النقطة الخامسة هو متران تحت سطح البحر — وإذا أريد تسوية هـــذا القطاع بحيث يميل ½٪ إلى أسفل مع ثبات منسوب النقطة الرابعة فى الميزانية — فعين فى نفس الجدول أرتفاع الحفر والردم إذا كانت نقط القطاع تتباعد ٤٠ مترا بعضها البعض .

الجواب : المناسيب هى

[— ٤ر٢٩ — ٣ر٧٦ — ٢ر١٥ — ٣ر٣٦ — ٢ر٠٠ — ٣ر٨٣ — ١ر٧٢
— ٠ر٨٨ — ٦ ر٢ — ٢ر١٢ — ١ر٣٢ — ٢ر١٢ — ٢ر٨٦]

الباب التاسع

الحجوم والكميات وتسوية الأراضي

يعتبر إيجـــاد كميات الأتربة والمياه ومكعبات المبانى والأعمال الخرسانية والحجوم عموماً من أهم أعمال المساحة ومن أهم ما يؤثر على إقتصاديات المشاريع الهندسية حيث يتوقف تقدير تكاليف المشروعات عليها .

هناك عدة طرق لإيجاد الكميات والحجوم ويتوقف إختيارهـا على حسب طبيعة المشروع وعلى الخرائط المتوفرة ، وعموماً يمـــكن تقسيم هذه الطرق إلى ما يأتى :

١ ـ مكعبات لأشكال منتظمة . (مـــكعبات المبانى والمنشآت)

٢ ـ المـــكعبات من القطاعات الطولية والعرضيـــة . (مشاريع الطرق والرى)

٣ ـ المـــكعبات من مناسيب النقط ـــ (الميزانيـــة الشبكيـــة وتسوية الأراضى) .

٤ ـ المكعبات من خطوط الـــكونتور (تسوية الأراضى) .

شكل (١١٦) يبين بعض أشكال المجسمات الهندسية وفيما يلى نورد القــوانين والمعادلات الخاصة بإيجاد حجومها :

١ — $\boxed{\text{المكعب} = ل^{٣}}$ ... (٥١)

حيث ل طول ضلع المكعب .

٢ — حجم متوازى المستطيلات = مساحة القاعدة × الإرتفاع

= م × ع

$\boxed{\text{متوازى المستطيلات} = س . ص . ع}$ ... (٥٢)

٣ — حجم الهرم الكامل = $\frac{١}{٣}$ مساحة القاعدة × الإرتفاع

$\boxed{\text{الهرم الكامل} = \frac{١}{٣} م \times \text{الإرتفاع}}$ ... (٥٣)

٤ — حجم الهرم الناقص (ينتج من قطع هرم كامل بمستوى موازى القاعدة)

$$\boxed{\text{الهرم الناقص} = \frac{ع}{٣} (م_{١} + م_{٢} + \sqrt{م_{١} \times م_{٢}})}$$

... (٥٤)

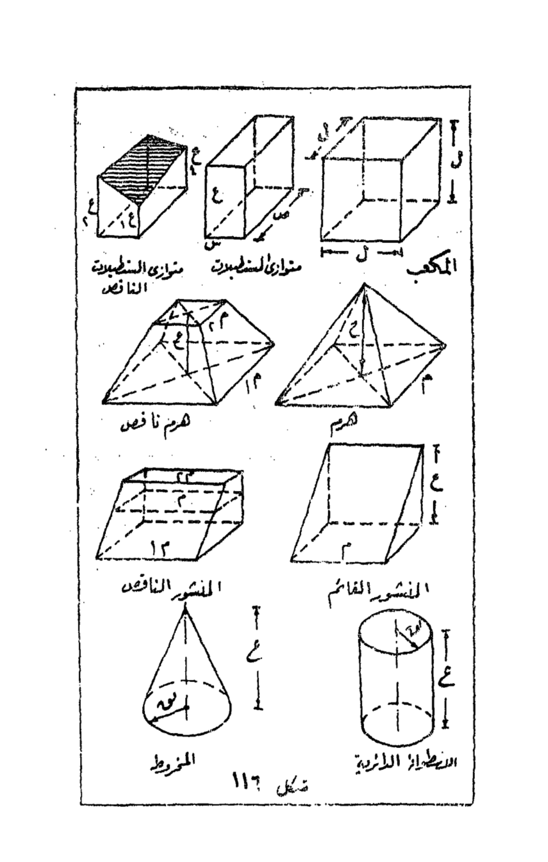
حيث $م_{١}$ ، $م_{٢}$ مساحة سطحيه المتوازين ، ع إرتفاعه

٥ — حجم الأسطوانه = مساحة القاعدة × الإرتفاع

$\boxed{\text{الإسطوانة} = ط\ نق^{٢} \times ع}$ ... (٥٥)

حيث نق = نصف قطر القاعدة

، ع = إرتفاع الإسطوانة


المكعب
متوازى المستطيلات
متوازى المستطيلات الناقص
هرم
هرم ناقص
المنشور القائم
المنشور الناقص
الاسطوانة الدائرية
المخروط

شكل ١١٦

٦ - حجم المخروط = $\frac{١}{٣}$ مساحة القاعدة × الإرتفاع .

$$\text{المخروط} = \frac{١}{٣}\ \text{ط نق}^{٢} \times \text{الإرتفاع} \quad \ldots (٥٦)$$

٧ - حجم المنشور الكامل = $\frac{١}{٢}$ مساحة القاعدة فى الارتفاع .

$$\text{المنشور الكامل} = \frac{١}{٢}\ \text{م} \times \text{ع} \quad \ldots (٥٧)$$

٨ - حجم المنشور الناقص = متوسط القاعدتين × الإرتفاع .

$$\text{المنشور الناقص} = \frac{\text{ع}}{٢}\ (\text{م}_{١} + \text{م}_{٢}) \quad \ldots (٥٨)$$

حيث $\text{م}_{١}$ ، $\text{م}_{٢}$ مساحتى الوجهين المتوازيين .

وتسمى هذه الطريقة بطريقة متوسط القاعدتين .

هذه الطريقة تصلح عندما تكون $\text{م}_{١}$ قريبة إلى $\text{م}_{٢}$ ، وإذا لم تكن كذلك نستخدم العلاقة :

$$\text{المنشور الناقص} = \frac{\text{ع}}{٦}\ (\text{م}_{١} + \text{م}_{٢} + ٤\text{م}) \quad \ldots (٥٩)$$

حيث ع إرتفاع المنشور

$\text{م}_{١}$ مساحة المقطع الاول

$\text{م}_{٢}$ مساحة المقطع الثانى

م مساحة المقطع المتوسط

وغالبا ما تكون مساحة القطاع المتوسط غير معروفة وتحسب على أساس أنها شكل طوله هو متوسط طول القاعدتين $م_١$ $م_٢$ وعرضه هو متوسط عرضيهما وتسمى هذه الطريقة بطريقة المنشور المجسم أو الطريقة الدقيقة مع ملاحظة أن م لا تساوى إطلاقا متوسط المساحتين $م_١$ ، $م_٢$.

٩ — حجم متوازى المستطيلات الناقص

وهو جسم مقطعه العمودى على أحرفه الموازية عبارة عن مثلث أو مستطيل أو مربع وارتفاعات أحرفه مختلفة .

الحجم = مساحة المقطع العمودى × متوسط أطوال الأحرف .

$$\text{المتوازى الناقص الرباعى} = م \left(\frac{ع_١ + ع_٢ + ع_٣ + ع_٤}{٤} \right) \quad \ldots (٦٠)$$

حيث $ع_١$ ، $ع_٢$ هى ارتفاعات الأحرف

وفى حالة متوازى المستطيلات المثلثى الناقص نجد أن الحجم

$$\text{المتوازى الناقص الثلاثى} = \frac{م}{٣} (ع_١ + ع_٢ + ع_٣) \quad \ldots (٦١)$$

أمثلة

مثال ١ :

ما هو حجم الخزان المحفور فى أرض مستوية منسوبها (١٩٠٠) حتى منسوب (٠٠ر٠/٠) إذا كان السطح العلوى مستطيل الشكل أبعاده ٥٠ × ٢٠ مترا والقاع ٢٣ × ٣ مترا .

الحجم بطريقة المنشور الجسم :

$$\text{م}_1 = \text{٥٠} \times \text{٢٠} = \text{١٠٠٠ م}^2$$

$$\text{م}_2 = \text{٣} \times \text{٣٣} = \text{٩٩ م}^2$$

$$\text{م} = \left(\frac{\text{٥٠} + \text{٣٣}}{\text{٢}}\right) \cdot \left(\frac{\text{٢٠} + \text{٣}}{\text{٢}}\right)$$

$$\text{٤ م} = \text{٤} \times \text{٤١,٥} \times \text{١١,٥} = \text{١٩٠٩ م}^2$$

$$\text{الحجم} = \frac{(\text{١٩,٠٠} - \text{٧,٠٠})}{\text{٦}} \; (\text{١٠٠٠} + \text{٩٩} + \text{١٩٠٩})$$

$$= \text{٦٠١٦ م}^3$$

$$\text{الحجم بطريقة متوسط القاعدتين} = \frac{\text{١٠٠} + \text{٩٩}}{\text{٢}} \times \text{١٢}$$

$$= \text{٦٥٩٤ م}^3$$

والفرق بين الحجمين قدره حوالى ١,٧ ٪ وهو يقل كثيرا لو تقاربت المساحتين أى يقل هذا الفرق عندما تقترب مساحة السطح العلوى من مساحة السطح السفلى .

مثال ٢ :

احسب كمية الأتربة المكونة على هيئة كوم قاعدته شبه منحرف طول قاعدتية ٣٠ ، ٢٠ مترا وارتفاعه ١٠ متر ويكون وجه الكومة العلوى شبه منحرف أبعاده ١٠ ، ٥ ، ٦ مترا على التوالى علماً بأن ارتفاع الكومة هو ١٢ م.

الحـل

الطريقة الأولى : طريقة متوسط القاعدتين

$م_١ = \frac{٣٠ + ٢٠}{٢} \times ١٠ = ٢٥٠ م^٢$

$م_٢ = \left[\frac{١٠ + ٥}{٢}\right] \times ٦ = ٤٥ م^٢$

$الحجم = \frac{ع}{٢} (م_١ + م_٢)$

$= \frac{١٢}{٢} (٢٥٠ + ٤٥)$

$= ١٧٧٠ م^٣$

الطريقة الثانية :

طريقة المنشور الجسم

$م = \left[\frac{(٣٠ + ١٠)}{٢} + \frac{(٢٠ + ٥)}{٢}\right] \left[\frac{(١٠ + ٦)}{٢}\right]$

$\times \frac{١}{٢} = ١٣٠ م^٢$

حيث م هو شكل شبه منحرف قاعدتاه $\frac{٣٠ + ١٠}{٢}$ ، $\frac{٢ + ٥}{٢}$

وارتفاعه هو $\frac{١٠ + ٦}{٢}$

$الحجم = \frac{ع}{٦} (م_١ + م_٢ + ٤ م)$

$= \frac{١٢}{٦} (٢٥٠ + ٤٥ + ٤ \times ١٣٠) = ١٦٣٠ م^٣$

لاحظ الفرق بين الحجم بالطريقتين .

طريقة التقسيم الى منشورات ناقصة

هناك بعض الحالات يكون من المناسب فيها تقسيم الجسم إلى عدد من المنشورات الناقصة وليست من الضرورى أن تكون متساوية المساحة والمثال التالى يبين كيفية الحل فى هذه الحالات .

على قطعة أرض تنحدر فى أتجاه واحد أنحداراً قدره ١ : ١٥ كما هو مبين فى شكل (١٧٠) يراد حفر خزان قاعة أفق منسوبة (+ ١٠ر٠٠) وأبعاد القاع ١٥٠ × ١٠٠ متر كما هو موضح بالشكل . فإذا علم أن الميول الجانبية للحفر ستكون ٢ : ٢ فأحسب كميات الحفر الناتجة لأنشاء هذا الخزان . أحسب أيضاً كمية المياه القصوى التى يمكن تخزينها به .

الحـل :

من شكل (١٧٠) يتضح أن الجسم الناتج هنا بالرغم من أنه محدد بمستويات إلا أنه ليس منشوراً مجسماً لأنه لا يوجد فيه مستويان متـــوازيان . ويحسب الحجم كأنه مكون من المنشورات الرئيسية الناقصة (الظاهرة فى المستوى الأفقى) (ب ح ى ، ا ى هـ و ، و هـ ت ل ، ا و ل و ، ب ع هـ هـ . وعليه تجرى عليه حساب أبعاد هذا الجسم اللازمة لحساب الحجم بالاستعانة بشكل (١٦٨) كما يلى :

الأرتفـاع ط ظ = فرق المنسوبين = ٨ م .

$$\therefore \frac{(٨ - س)}{١٥ \, س} = \frac{٢}{٣}$$

ومنها س = ٠ر٧٢٧ متر

أى أن ١٥ س = ١٠ر٩١ متر

الإرتفاع ق م = ٨٫٠٠ + ١٥٠ × $\frac{١}{١٥}$ = ١٨م

∴ $\frac{(١٨ + ص)}{١٥\ ص} = \frac{٢}{٣}$

ومنها ص = ٢٫٠٠ متر

أي أن ١٥ ص = ٣٠٫٠٠ متر

وعلى هذا فأن حجم المنشور ا ب حـ ء والذى قاعدته ا ب حـ ء

= ١٥٠ × ١٠٠ × $\frac{٨ + ٨ + ١٨ + ١٨}{٤}$

= ١٩٥٠٠٠م^{٣}

حجم المنشور ا ب هـ و = مساحة ا ب حـ هـ و × الارتفاع المتوسط

= ١١٠٫٩١ × ١٠٫٩١ × $\frac{٨ + ٨ + صفر + صفر}{٤}$

= ٤٨٤٠٫٠٠م^{٣}

حجم المنشور و حـ هـ ل = مساحة و حـ هـ ل × الارتفاع المتوسط

= ١٢٠ × ٣٠ × $\frac{١٨ + ١٨ + صفر + صفر}{٤}$

= ٣٢٤٠٠م^{٣}

حجم المنشور ا ء ل و + حجم المنشور ب حـ ء هـ = ٢ × مساحة ا ء ل و × الارتفاع المتوسط

$$= ٢ \left[\left(\frac{١٠٫٩١ + ٣٠}{٢} \right) (١٥٠ + ٣٠ + ١٠٫٩١) - \frac{(٣٠)^{٢}}{٢} \right.$$

$$\left. = \left(\frac{(١٠٫٩١)^{٢}}{٢} \right) \left(\frac{٨ + ١٨ + \text{صفر} + \text{صفر}}{٤} \right) \right]$$

الارتفاع ق م $= ٨٫٠٠ + ١٥٠ \times \frac{١}{١٥} = ١٨$ م

$$\therefore \frac{(١٨ + \text{ص})}{١٥\ \text{ص}} = \frac{٢}{٣}$$

ومنها ص = ٢٫٠٠ متر

أى أن ١٥ ص = ٣٠٫٠٠ متر

وعلى هذا فإن حجم المنشور ا ب حـ ء = القاعدة ا ب هـ و × الارتفاع المتوسط

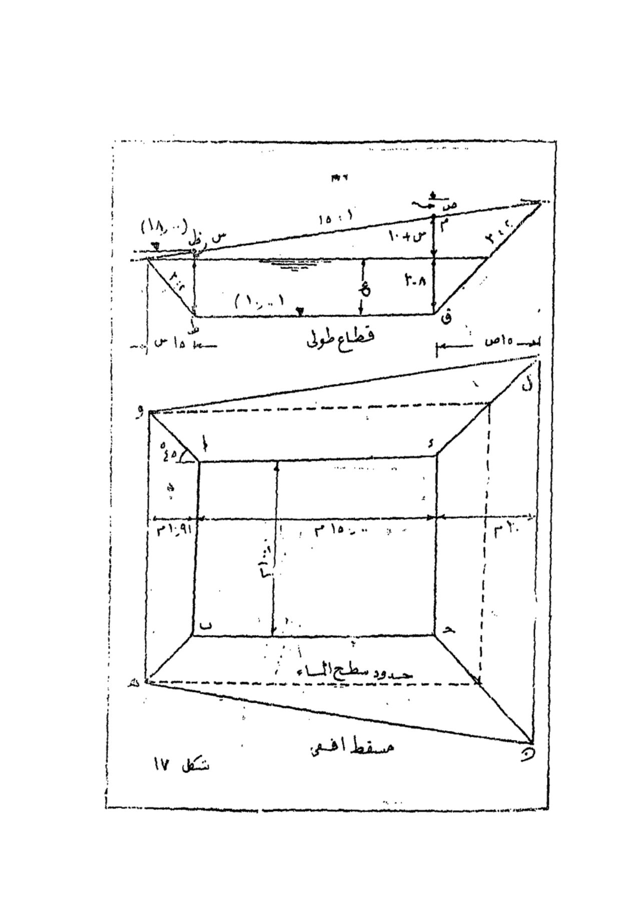
$$= ١٥٠ \times ١٠٠ \times \frac{٨ + ٨ + ١٨ + ١٨}{٤}$$

$$= ١٩٥٠٠٠ \text{ م}^{٣}$$

حجم المنشور ا ب هـ و = مساحة ا ب هـ و × الارتفاع المتوسط

$$= ١١٠٫٩١ \times ١٠٫٩١ \times \frac{٨ + ٨ + \text{صفر} + \text{صفر}}{٤}$$

$$= ٤٨٤٠٫١١ \text{ م}^{٣}$$


قطاع طولى
مسقط افقى
حدود سطح الماء
شكل ١٧

حجم المنشور ء ح ﻫ ل = مساحة ء ﻫ ل × الأرتفاع المتوسط

$$= ١٢٠ \times ٣٠ \times \frac{١٨ + ١٨ + صفر + صفر}{٤}$$

$$= ٢٥١٠٠ م^٣$$

حجم المنشور ا ء ل و = مساحة ا ء ل و × الأرتفاع المتوسط

$$= \left[\frac{١٠٫٩١ + ٣٠}{٢} (١٥٠ + ٣٠ + ١٠٫٩١) \right.$$

$$\left. - \frac{(٣٠)^٢}{٢} - \frac{(١٠٫٩١)^٢}{٢} \right]$$

$$\times \left[\frac{٨ + ١٨ + صفر + صفر}{٤} \right]$$

$$= ٢٢٠٧١٫٠٨ م^٣$$

حجم المنشور ب ح ﻫ ﻫ = حجم المنشور ا ء ل و = ٢٢٠٧١٫٠٨ م^٢

∴ حجم الأتربة الكلى الناتج الحفر = ٢٧٩٠٨٢٫٢٧ م^٣

عند أمتلاء الخزان بالماء فأن أرتفاع الماء سيكون مساويا (٨ — س) متر

أى أن ع = ٧٫٢٧٣ متر

وفى هذه الحالة يمكن إيجاد حجم المـــاء على أنه حجم المنشور الجسم الذى قاعدته السفلى مستطيل ١٥٠ × ١٠٠ وقاعدته العليـــا مستطيل أبعـــاده (١٥٠٫٠٠ + ٢ × ١٠٫٩١)، (١٠٠٫٠٠ + ٢ × ١٠٫٩١) وقـــاعدته المتوسطة مستطيل أبعاده (١٥٠٫٠٠ + ١٠٫٩١)، (١٠٠٫٠٠ + ١٠٫٩١) وبهذا يكون حجم المياه .

مساويا $\frac{ع}{٦}$ [س١ + ٤ س م + س٢]

حيث س١ = ١٥٠ × ١٠٠ = ١٥٠٠٠ م٢

س٢ = ١٧١٫٨٢ × ١٢١٫٨٢ = ٢٠٩٣١٫١١ م٢

س م = ١٦٠٫٩١ × ١١٠٫٩١ = ١٧٨٤٦٫٥٣ م٢

∴ حجم الماء = $\frac{٧٫٢٧٣}{٦}$ [١٥٠٠٠ + ٤ × ١٧٨٤٦٫٥٣ + ٢٠٩٣١٫١١]

= ١٢٠٠٨٦٫٣٦ م٣

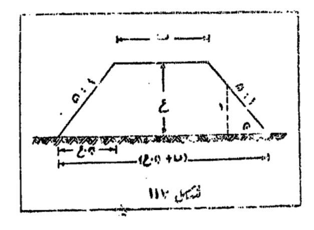
ثانيا : المكعبات من القطاعات الطولية والعرضية

تستعمل هذه الطريقة فى المشاريع الممتدة على طول محور مثل أعمال الترع والطرق والمصارف ، وتعتمد على تشكيل قطاعات طولية وعرضية بعد توقيع خط المشروع ، ومن هذه القطاعات يمكن تحديد مناطق الحفر والردم .

ولتعيين أية مكعبات فى أى منطقة تقسم على عدة أجزاء كل منها محصور بين قطاعين عرضيين مع أعتبار أن الأرض منتظمة الميل فى هذه المنطقة ، ويحسب كل جزء على حدة بإعتبار منشور مجسم .

وفى حـالة الجسور والطرق — تحسب القطاعات العرضية حسب ميول الجوانب ويكون إرتفاع المنشور هو المسافة بين كل قطاعين — والقطاعين هما القاعدتين م١ ، م٢ .

فإذا كان لدينا طريق بعرض ب متر مثلا وميول جوانبه ١ : ن (أى ١ رأسى ن أفقى) وأرتفاعه هو ع متر فمثلا فيمكن حساب أبعاد القطاع كما فى شكل (١١٧) ، وبذلك تكون مساحة القطاع مساوية :



شكل ١١٧

$$م = (ب + هـ . ع) ع \quad (٦٢)$$

فإذا فرض أن عرض الطريق ١٠ متر مثلا ، وأن الميول الجانبية لقطاعه ٢ : ٣ وأن ارتفاع الحفر فى القطاع هو ٦ متر فأن هـ = $\frac{٣}{٢}$ وتكون مساحة القطاع هى :

مساحة القطاع = (١٠ + $\frac{٣}{٢}$ × ٦) ٦ = ١١٤م^{٢}

ولحساب مكعبات الحفر والردم يتبع الآتى :

١ — نرسم القطاع الطولى ونحسب ارتفاعات الحفر والردم عند النقط

٢ — نرسم القطاعات العرضية فى النقط المختلفة

٣ — نعين أماكن انفصال الحفر عن الردم

٤ — نعين حجم كل من الحفر والردم على حدة

ويلاحظ فى حساب مكعبات الأتربة أن حجم التراب يزيد عند الحفر نظرا لتفككه وأن كمية التراب المستعملة فى الردم تقل بعد عملية الردم .

ولذا يؤخذ فى الاعتبار أن :

كمية الأتربة المحفورة = ١٫٢ من المحسوب للحفر

كمية الأتربة اللازمة للردم = ١٫١٠ من الحجم المحسوب للردم .

بعض المعادلات المتبعة فى حساب القطاعات العرضية

فى كل الحالات سنستعمل الرموز التالية (شكل ١٥٩)

ب = عرض الانشاء وهو عرض القاع فى حالة الحفر وعرض الجسر فى حالة الردم .

١ : ن = الميل الجانبى للقطاع (١ رأسى ، ن أفقى) .

١ : م = إنحدار الأرض فى الاتجاه العرضى العمودى على محور المشروع .

ع = إرتفاع الحفر أو الردم عند المحور

$ل_١$ ، $ل_٢$ = المسافتان الأفقيتان بين المحور ونقطتى تقاطع الميول الجانبية مع سطح الأرض الطبيعى وتسميان **بعرض القطاع** .

$ع_١$ ، $ع_٢$ = تسميان **ارتفاع الحفر** وهما الفرق بين منسوب الإنشاء وكل من نقطتى تقاطع سطح الأرض مع الميول الجانبية .

> **ملحوظة :** عند ذكر الميول كنسبة فإن هذه النسبة تعنى ظل زاوية الميل (مثل ١ : ن أو ١ : م) وعليه فإن الرقم الأول دائما يكون الرأسى والرقم الثانى هو الأفقى ... (٦٣)

الحالة الأولى : سطح الارض الطبيعى والانشاء (قاع حفر أو سطح جسر) افقيان

شكل (١٥٨)

$$\text{المساحة} = \text{ع}\,(\text{ب} + \text{ن ع}) \qquad \dots (٦٤)$$

الحالة الثانية : سطح الأرض الطبيعى (فى جسر أو ترعة) مائل فى الاتجاه العرضى

فى المثلث ك ط س : $\frac{\text{س ط}}{\text{ط ك}} = \frac{\text{ن}}{١}$ (شكل ١٥٩)

$$\text{ط ك} = \frac{\text{ب}}{٢\text{ن}}$$

المساحة = △ ك ز م + △ هـ و ك − △ س ص ك

$$= \tfrac{١}{٢}\left[\left(\text{ع} + \frac{\text{ب}}{٢\,\text{ن}}\right)\text{ل}_١ + \left(\text{ع} + \frac{\text{ب}}{٢\text{ن}}\right)\text{ل}_٢ - \frac{\text{ب}^٢}{٢\text{ن}} \right]$$

$$\text{المساحة} = \frac{1}{2}\left[(ل_1 + ل_2)\left(ع + \frac{ب}{2ن}\right) - \frac{ب^2}{2ن}\right] \quad \cdots \text{(٦٥)}$$

هذه المعادلة صحيحة سواء أكان الميل العرضى (١ : م) إنحدار واحد أو إنحدارين (١ : م ، ١ : ط) كما فى شكل (١٦١)

أما إذا علم $ع_1$ ، $ع_2$.

$$\text{المساحة} = \triangle\,\text{وطص} + \triangle\,\text{هـ س ط} + \triangle\,\text{حـ وط} + \triangle\,\text{هـ حـ ط}$$

$$= \frac{1}{2}\left(\frac{1}{2}ب\,ع_2 + \frac{1}{2}ب\,ع_1 + ع\,ل_2 + ع\,ل_1\right).$$

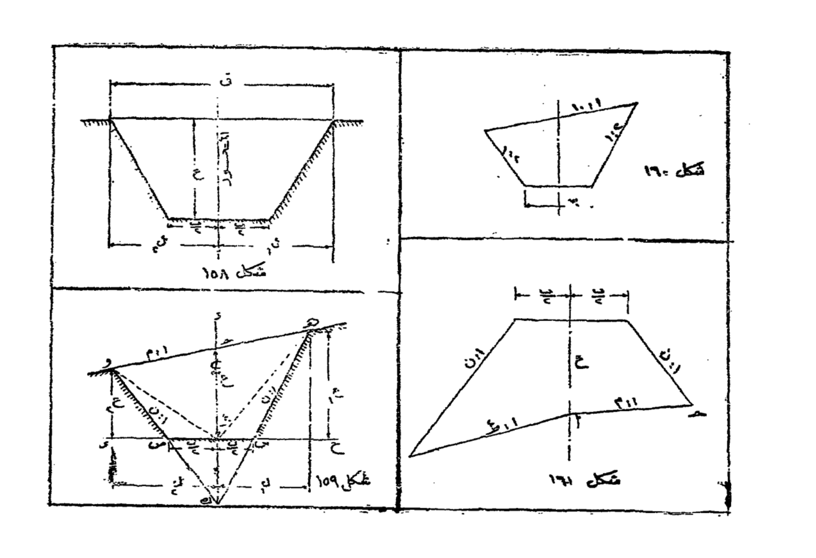
ومنهـــا :

$$\text{المساحة} = \frac{1}{2}\left[\frac{1}{2}ب\,(ع_1 + ع_2) + ع\,(ل_1 + ل_2)\right] \quad \cdots \text{(٦٦)}$$

وهناك معادلتان آخريان الأولى(٦٧) بدلالة $ل_1$ ، $ل_2$ والثانية (٦٨) بدلالة الإرتفاعات فقط .

$$\text{المساحة} = \frac{ل\,ل_2 \quad \left[\frac{ب}{2}\right]^2}{ن} \quad \cdots \text{(٦٧)}$$

$$\text{المساحة} = ن\,ع_1\,ع_2 + \frac{1}{2}ب\,(ع_1 + ع_2) \quad \cdots \text{(٦٨)}$$



ق
المحور
ع
شكل ١٥٨
شكل ١٥٩
شكل ١٦٠
شكل ١٦١

ويمكن إيجاد قيم $\text{ل}_{١}$ ، $\text{ل}_{٢}$ ، $\text{ع}_{١}$ ، $\text{ع}_{٢}$ بدلالة عرض الإنشاء والميل والانحدار والارتفاع عند المحور وهذه القيم تربطها العلاقات الآتية :

$$\text{ل}_{١} = \frac{١}{٢}\,\text{ب} + \left(\text{ع} + \frac{\text{ب}}{٢\,\text{م}}\right)\frac{\text{م ن}}{\text{م} - \text{ن}} = \left(\frac{١}{٢}\,\text{ب} + \text{ن ع}\right)\frac{\text{م}}{\text{م} - \text{ن}}$$

$$\text{ل}_{٢} = \frac{١}{٢}\,\text{ب} + \left(\text{ع} - \frac{\text{ب}}{٢\,\text{م}}\right)\frac{\text{م ن}}{\text{م} + \text{ن}} = \left(\frac{١}{٢}\,\text{ب} + \text{ن ع}\right)\frac{\text{م}}{\text{م} + \text{ن}}$$

(٦٩) ...

$$\text{ع}_{١} = \left(\text{ع} + \frac{\text{ب}}{٢\,\text{م}}\right)\left(\frac{\text{م}}{\text{م} - \text{ن}}\right)$$

$$\text{ع}_{٢} = \left(\text{ع} - \frac{\text{ب}}{٢\,\text{م}}\right)\left(\frac{\text{م}}{\text{م} + \text{ن}}\right)$$

(٧٠) ...

$$\text{ع}_{١} = \text{ع} + \frac{\text{ل}_{١}}{\text{م}}$$

$$\text{ع}_{٢} = \text{ع} - \frac{\text{ل}_{٢}}{\text{م}}$$

(٧١)

وفى المعادلة التالية المساحة بدون معرفة $ل_1$ ، $ل_2$ ، $ع_1$ ، $ع_2$

$$\text{المساحة} = (ب ع + ن ع^2) + \frac{\frac{ن}{م_2}}{1 - \frac{ن^2}{م_2^2}} \left(\tfrac{1}{2} ب + ن ع\right)^2$$

... (٧٢)

مثـال :

يراد إنشاء جسر على أرض تميل فى الاتجاه العرضى بمقدار ١ : ١٠ ، فإذا كان أرتفاع الجسر عند المحور = ١٠ م ، وعرض الجسر = ٣٠ م ، والميول الجانبية ١ : ٢ كما فى شكل (١٦٠) .

أوجد عرض الجسر $ل_1$ ، $ل_2$ ومساحة القطاع .

الحل

$$ل_1 = \frac{٣٠}{٢} + \left(١٠ + \frac{٣٠}{٢٠}\right) \frac{١٠ \times ٢}{١٠ - ٢} = ٤٣٫٧٥ \text{ م}$$

$$ل_2 = ١٥ + \left(١٠ \quad ١٫٥\right) \frac{٢٠}{١٢} = ٢٩٫١٧ \text{ م}$$

$$\text{المساحة} = \tfrac{1}{2}\left(٤٣٫٧٥ + ٢٩٫١٧\right)\left(١٠ + \frac{٣٠}{٤}\right) - \frac{(٣٠)^2}{٤}$$

$$= ٥٢٥٫٥ \text{ م}^2$$

الحالة الثالثة : سطح الارض الطبيعى عبارة عن انحدارين

قد يـكون إنحدار الأرض عبارة عن إنحدارين ١ : م ، ١ : ط كما فى شكل (١٦١) . والمعادلات السابقة كما هى ولاتتغير إلا بوضع ط بدلا من م عند إيجاد $ل_١$ $ل_٢$. بهذا تتغير معادلة المساحة (٧٢) لأنها تستعمل لميـــل واحد فقط وتستعمل بدلا منها المعادلة (٦٥) كما أن هناك معادلة يمكن إستعمالها وهى :

$$\text{المساحة} = \left(\frac{ل_١ + ل_٢}{٢}\right)\left(ع + \frac{ب}{٢ن}\right) - \frac{ب^٢}{٤ن} \qquad (٧٣)$$

$$ع_١ = \left(ع + \frac{ب}{٢ط}\right)\left(\frac{ط}{ط - ن}\right)$$

$$ع_٢ = \left(ع - \frac{ب}{٢م}\right)\left(\frac{ط}{م + ن}\right) \qquad (٧٤)$$

$$ل_١ = \left(\frac{ب}{٢} + ن ع\right)\left(\frac{ط}{ط - ن}\right)$$

$$ل_٢ = \left(\frac{ب}{٢} + ن ع\right)\left(\frac{م}{م + ن}\right) \qquad (٧٥)$$

وإذا وقع ا هـ بعيدا عن المحور فإن :

$$\text{ل}_{٢} = \left(\frac{\text{ب}}{٢} + \text{ن ع} \right) \left(\frac{\text{م}}{\text{م} - \text{ن}} \right) \quad \cdots (٧٦)$$

الحالة الرابعة : (المناطق التلية)

شكل (١٦٢)

$$\text{الحفر} = \frac{\text{ل . ك}}{٢\,\text{ن}} \quad \cdots (٧٧)$$

$$\text{الردم} = \frac{\text{هـ و}}{٢\,\text{ن}} \quad \cdots (٧٨)$$

$$\text{الحفر ا ط ص} = \frac{١}{٢} \left\{ \left(\frac{\text{ب}}{٢\,\text{ن}} - \text{ع} \right) \left(\text{ل}_{٢} - \text{م ع} \right) - \frac{\text{ب}}{٢\,\text{ن}} \left(\frac{\text{ب}}{٢} - \text{م ع} \right) \right\} \quad \cdots (٧٩)$$

$$\text{بمعلومية ع}_{١} \text{ ، ع}_{٢} = \frac{١}{٢} \left(\frac{\text{ب}}{٢} - \text{م ع}_{١} \right) \text{ع}_{٢}$$

$$\text{الدم } ا\,ء\,هـ = \tfrac{١}{٢}\left\{\left(\frac{ب}{٢ن} + ع\right)\left(ل_{١} + م\,ع\right) - \right.$$

$$\frac{ب}{٢}\left(\frac{ب}{٢} + م\,ع\right) \qquad \cdots (٨٠)$$

$$\text{بمعلومية } ع_{١}،\ ع = \tfrac{١}{٢}\left(\frac{ب}{٢} + م\,ع\right)ع_{١}$$

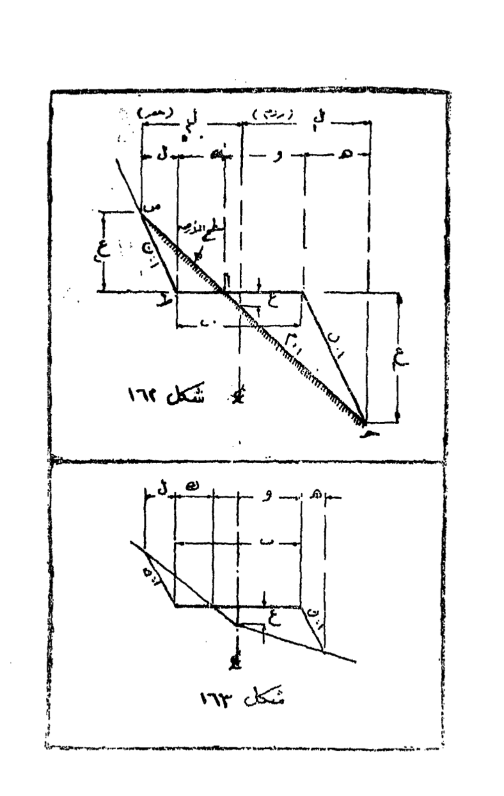
$$ل_{١} = \frac{ب}{٢} + \left(ع + \frac{ب}{٢م}\right)\frac{م\,ن}{م - ن} = \left(\frac{ب}{٢} + ن\,ع\right)\left(\frac{م}{م - ن}\right)$$

$$ل_{٢} = \frac{ب}{٢} + \left(\frac{ب}{٢م} - ع\right)\frac{م\,ن}{م - ن} = \left(\frac{ب}{٢} - ن\,ع\right)\left(\frac{م}{م - ن}\right)$$

$$\cdots (٨١)$$

$$ع_{١} = ع + \frac{ل_{١}}{م}$$

$$ع_{٢} = ع - \frac{ل_{٢}}{م} \qquad \cdots (٨٢)$$



شكل ١٦٢

شكل ١٦٣

الحالة الخامسة المناطق التالية وسطح الارض الطبيعية ذو انحدارين

شكل (١٦٣)

$$\text{حفر} = \frac{\text{ل ك}}{\text{٢ ن}}$$

$$\text{ردم} = \frac{\text{ع (هـ + د)}}{\text{٢}} + \frac{\text{هـ ب}}{\text{٤ ن}} \quad \dots (٨٣)$$

الحالة السادسة : حالة تغير الميول الجانبية

شكل (١٦٢) مع إعتبار أن الميل الجانبي فى الردم هو : ن وفى الحفر هو ١ : ن١ .

$$\text{ع}_١ = \frac{\text{٢ل}_١ - \text{ب}}{\text{٢ن}_١}$$

$$\text{ل}_١ = \left(\frac{\text{ب}}{\text{٢}} + \text{ع}_١\text{ن}\right) \left(\frac{\text{م}}{\text{م} - \text{ن}_١}\right) \quad \dots (٨٤)$$

$$\text{ع}_٢ = \frac{\text{٢ل}_٢ - \text{ب}}{\text{٢ن}_٢}$$

$$\text{ل}_٢ = \left(\frac{\text{ب}}{\text{٢}} - \text{ع}_٢\text{ن}\right) \left(\frac{\text{م}}{\text{م} - \text{ن}_٢}\right)$$

$$\text{مساحة الحفر} = \frac{1}{2} \cdot \frac{\left(\frac{ب}{2} + م ع\right)^2}{(م - ن_1)}$$

$$\text{مساحة الردم} = \frac{1}{2} \cdot \frac{\left(\frac{ب}{2} - م ع\right)^2}{(م - ن_2)} \quad \ldots (٨٥)$$

مثال

طريق عرضه ٣٠ مترا وله ميول جانبية ١ : ١ فى الحفر ، ١ : ٣ فى الردم ، ميل الأرض الطبيعى ١ : ٥ فإذا كان عمق الحفر عند المحور ١٫٥ متر . أحسب العروض الجانبية $ل_1$ ، $ل_2$ ، ومساحة كل من الحفر والردم .

الحل

حيث أن الميول متغيرة تطبق المعادلة (٨٤) لإيجاد $ل_1$ ، $ل_2$ والمعادلة (٨٥) لإيجاد مساحات الحفر والردم .

$$ل_2 = \left(\frac{ب}{2} - ن_2 ع\right) \left(\frac{م}{م - ن_2}\right) = \left(\frac{30}{2} - 3 \times 1.5\right)$$

$$\left(\frac{5}{5 - 3}\right) = 26.25$$

$$\text{ل}_1 = \left(\frac{\text{ب}}{2} + \text{ع}\,\text{ن}_1\right)\left(\frac{\text{م}}{\text{م} - \text{ن}_1}\right) = \left(\frac{30}{2} + 1 \times 1.5\right)$$

$$\left(\frac{5}{5 - 1}\right) = 20.62\ \text{م}$$

$$\text{مساحة الردم} = \frac{1}{2} \cdot \frac{\left(\frac{\text{ب}}{2} - \text{م}\,\text{ع}\right)^2}{(\text{م} - \text{ن}_2)} = \frac{1}{2} \cdot \frac{(15 - 5 \times 1.1)^2}{(5 - 3)}$$

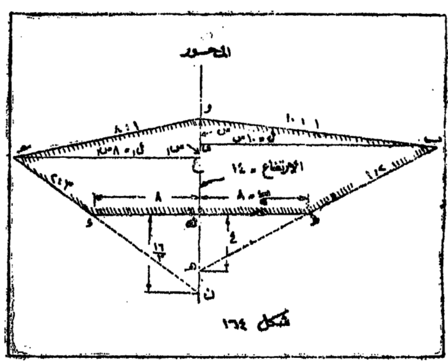
$$= 104.06\ \text{م}^2$$

$$\text{مساحة الحفر} = \frac{1}{2} \cdot \frac{\left(\frac{\text{ب}}{2} + \text{م}\,\text{ع}\right)^2}{(\text{م} - \text{ن}_1)} = \frac{1}{2} \cdot \frac{(15 + 5 \times 1.5)^2}{(5 - 1)}$$

$$= 62.29\ \text{م}^2$$

طريقة عامة لايجاد المساحة بدون استعمال المعادلات السابقة

فى كثير من الأحوال لاتكون المعادلات السابقة فى متناول يدنا واضطر لإيجاد المساحة من المبادىء الأولية . وفيما يلى خطوات تتبع فى أى حالة ، وقد أخذت الحالة العامة التى فيها ميول الجوانب مختلفة والإنحدار العرضى مكون من إنحدارين مختلفين كما فى شكل (١٦٤) .



وسنبين الخطوات بالمثال الموضح فى نفس الشكل (١٦٤) والذى فيه عرض القطاع ب = ١٦ متر وارتفـــاع الحفر ع = ١٤ متر والميول كما هى مبينة فى الشكل .

١ — نمد الجانبين ب ط ، حـ و إلى أن يقابلا المحور فى هـ ، ن على الترتيب وهما لا يقابلان المحور فى نقطة واحدة لإختلاف الميلين الجانبيين .

٢ — اسقط من ب العمود ب ى ، ومن حـ العمود حـ ع على المحور ونرمز للعمودين ل ، ل١ وللمسافتين و ى ، و ع بالرمزين س ، س١ .

٣ — ب ى = ل = ١٠ س ، حـ ع = ل١ = ٨ س١ .

٤ — المسافة ب ى = ٢ ى هـ لأن الميل الجانبى ١ : ٢ وعليه فإن :

١٠ س = ٢ (١٤ + ٤ - س) لأن ك هـ = $\frac{١}{٢}$ × ٨ = ٤

ومنها س = ٣ متر

∴ ل = ١٠ × ٣ = ٣٠م

مساحة الجزء الأيمن من القطاع (ب ط ك و) = △ ب و هـ − △ ط ك هـ

= $\frac{١}{٢}$ × ٣٠ (١٤ + ٤) − $\frac{١}{٢}$ × ٨ × ٤ = ٢٥٤م^{٢}

١ ــ المسافة $ل_{١}$ = حوع = $\frac{٢}{٣}$ (ع ن) = $\frac{٢}{٣}$ (١٤ − $س_{١}$ + $\frac{١٦}{٣}$)

= ٨ $س_{١}$

∴ $س_{١}$ = ٣٫٠٥م

، $ل_{١}$ = ٨ $س_{١}$ = ٢٤٫٤م

مساحة الجزء الأيسر من القطاع = و ك ى هـ = △ وحون − △ ك ن ى

= $\frac{١}{٢}$ × ٢٤٫٤ × (١٤ + $\frac{١٦}{٣}$) − $\frac{١}{٢}$ × ٨ × $\frac{١٦}{٣}$

= ٢١٤٫٥م^{٢}

مساحة القطاع = ٢٥٤ + ٢١٤٫٥ = ٤٦٨٫٥م^{٢}

بهذه الطريقة يمكن إيجاد مساحة أى قطاع على أن امـــالج كل نصف من القطاع على حدة كما سبق شرحه.

مثال :

أجريت ميزانية لعمل قطاع طولى على محور طريق على مسافات كل ١٠٠ متر وكانت مناسيب الأرض الطبيعية هي :

١٥٫٤٠ ١٧٫٥٠ ١٦٫٣٠ ١٧٫٢٠ ١٨٫٠٠ مترا .

ويراد إنشاء طريق بحيث يكون منسوب أوله هو (١٨٫٠٠) وينحدر من بدايته إلى أسفل بمقدار ½ ٪ ويكون عرض قطاعه ٨ متر والميول الجانبية للقطاع ٢ : ٢ سواء فى الحفر أو الردم ، والمطلوب :

١ — أرسم قطاعا طوليا على ورقة المربعات بمقياس رسم مناسب يبين سطح الارض الطبيعية وسطح الإنشاء وحدد عليه مناطق الحفر والردم .

٢ — أحسب إرتفاع الحفر والردم عند نقطة المحور المختلفة .

٣ — أوجد طول مسافة كل من الحفر والردم مع بيان القطاعات العرضية .

٤ — أحسب مكعبات الأتربة فى كل الحفر والردم .

٥ — كمية الردم اللازم نقلها من أو إلى الموقع لإتمام هذا الطريق .

الحل

شكل (١١٨) يوضح القطاع الطولى مبينا عليه سطح الأرض الطبيعية وسطح الانشاء ، ومناطق الحفر والردم ، وإرتفاعات الحفر والردم عند القطاعات المختلفة ، وقد حسبت مساحات القطاعات المختلفة حسب المعادلة (٦٢) وبينت على القطاع ثم حسبت مكعبات الحفر ومكعبات الردم وبينت أيضا على القطاع .

حساب مساحات القطاع :

القطاع صفر : أرتفاعه = ٢٫٦٠ متر

المساحة = (٨٫٥٠ + ١٥٫٨٠) / ٢ × ٢٫٦٠ = ٣٠٫٩٤ م^{2}

القطاع ١٠٠ : أرتفاعه = صفر

المساحة = صفر

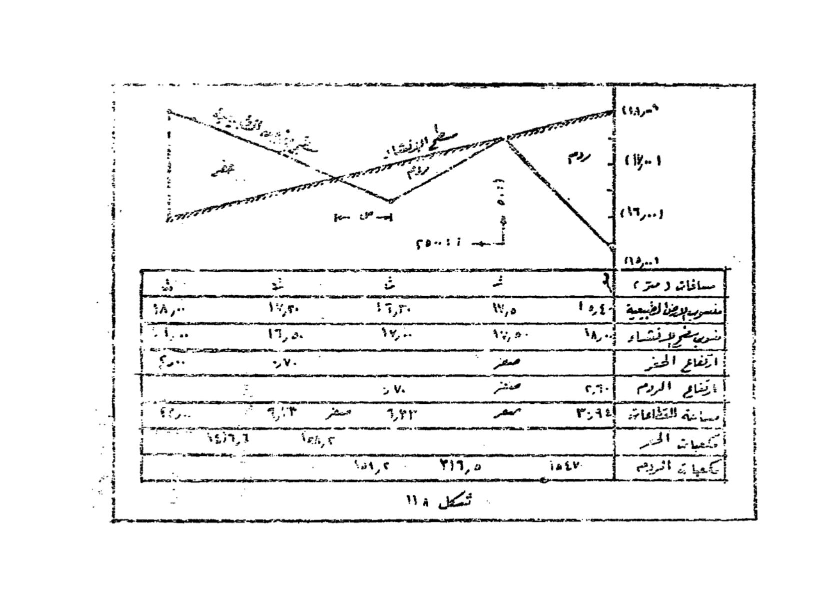
القطاع ٢٠٠ : أرتفاعه = ٠٫٧٠ مترا

المساحة = (٨٫٠٠ + ١٠٫١٠) / ٢ × ٠٫٧٠ = ٦٫٣٣ م^{2}

وهناك قطاع بين قطاع ٢٠٠ ، ٣٠٠ لا يوجد به حفر أو ردم (ويسمى صفر حفر ردم ويوجد بعده عن قطاع ٢٠٠ بالنسبة والتناسب وذلك بمعرفة أرتفاع الردم فى القطاع ٢٠٠ وأرتفاع الحفر فى القطاع ٣٠٠ ونلاحظ أنهما متساويان أى أن قطاع صفر حفر ردم يقع فى منتصف المسافة بين القطاعين .

القطاع ٣٠٠ : أرتفاعه = ٠٫٧٠ متر .

المساحة = (٨٫٠٠ + ١٠٫١) / ٢ × ٠٫٧٠ = ٦٫٣٢ م^{2}



مسافات (متر)	٠		١٠		٢٠		٣٠		٤٠
منسوب الأرض الطبيعية	١٥,٤٠		١٧,٥		١٦,٣٠		١٧,٣٠		١٨,٠٠
منسوب سطح الإنشاء	١٨,٠٠		١٧,٥٠		١٧,٠٠		١٦,٥٠		[illegible]
ارتفاع الحفر			صفر				٠,٧٠		٢,٠٠
ارتفاع الردم	٢,٦٠		صفر		٠,٧٠				
مساحة القطاعات	٣,٦٤		صفر		٦,٣٢	صفر	٩,٠٣		٤٢,٠٠
مكعبات الحفر						١٥٨,٢		١٤٦٦,٦	
مكعبات الردم		١٥٤٧		٣١٦,٥		١٥٩,٢			

شكل ١١٨

القطاع ٤٠٠ : إرتفاعه = ٢٠٠ مترا

$$\text{المساحة} = \left[\frac{\text{١٤٫٠٠} + \text{٨٫١٠٠}}{\text{٢}}\right] \times \text{٢} = \text{٢٢ م}^{\text{٢}}$$

حساب كميات الحفر والردم

$$\text{حجم الجزء الأول (ردم)} = \frac{\text{ع}}{\text{٢}} (\text{م}_{\text{١}} + \text{م}_{\text{٢}})$$

$$= \frac{\text{١٠٠}}{\text{٢}} (\text{٣٠٫٩٤} + \text{صفر}) = \text{١٥٤٧ م}^{\text{٣}}$$

$$\text{حفر الحفر الثانى (ردم)} = \frac{\text{ع}}{\text{٢}} (\text{م}_{\text{١}} + \text{م}_{\text{٢}})$$

$$= \frac{\text{١٠٠}}{\text{٢}} (\text{صفر} + \text{٦٫٣٣}) = \text{٣١٦٫٥ م}^{\text{٣}}$$

$$\text{حجم الجزء الثالث (ردم)} = \frac{\text{ع}}{\text{٢}} (\text{م}_{\text{١}} + \text{م}_{\text{٢}})$$

$$= \frac{\text{٥٠}}{\text{٢}} (\text{٦٫٣٣} + \text{صفر}) = \text{١٥٨٫٢ م}^{\text{٣}}$$

$$\text{حجم الجزء الرابع (حفر)} = \frac{\text{ع}}{\text{٢}} (\text{م}_{\text{١}} + \text{م}_{\text{٢}})$$

$= \frac{٥٠}{٢}$ (صفر + ٦٫٣٣) = ١٥٨٫٢ م^{٣}

حجم الجزء الخاص (حفر) = $\frac{ع}{٢}$ (م$_{١}$ + م$_{٢}$)

$= \frac{١٠٠}{٢}$ (٦٫٣٣ + ٢٢) = ١٤١٦٫٥ م^{٣}

مجموع مكعبات الحفر = ١٥٤٧ + ٣١٦٫٥ + ١٥٨٫٢
= ٢٠٢١٫٧ م^{٣}

مجموع مكعبات الحفر = ١٥٨٫٢ + ١٤١٦٫٥ = ١٥٧٤٫٨ م^{٣}

الكمية الناتجة من الحفر = ١٥٧٤٫٨ × ١٫٢ = ١٨٨٩٫٧٦ م^{٣}

الكمية المطلوبة الردم = ٢٠٢١٫٧ × ١٫١ = ٢٢٢٣٫٨٧ م^{٣}

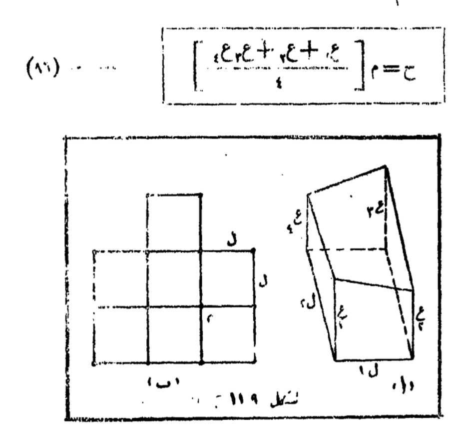
الكمية اللازم نقلها إلى الموقع لإتمام الطريق = ٢٢٢٣٫٨٧ — ١٨٨٩٫٧٦٠
= ٣٣٤٫١١ م^{٣}

ثالثا — حساب المكعبات من مناسيب النقط

إذا كان لدينا قطعة أرض على شكل مستطيل ويراد تسويتها على منسوب واحد فأن هناك إحتمال أن نجرى عمليات حفر أو عمليات ردم أو عمليات حفر وردم فى نفس الوقت لإجراء التسوية المطلوبة .

ولحساب حجم الحفر أو الردم يفرض أن فروق الإرتفاعات لهذه القطعة عند أركان المستطيل هى ع١ ، ع٢ ، ع٣ ، ع٤ ، فيكون لدينا متوازى المستطيلات الناقص (شكل ١١٩ ، ١) مساحة قاعدته هى مساحة القطعة المستطيلة م وبهذا يكون الحجم .

$$\text{ح} = \text{م} \left[\frac{\text{ع}_1 + \text{ع}_2 + \text{ع}_3 + \text{ع}_4}{4} \right] \quad \ldots \ldots \quad (86)$$



شكل ١١٩ .

وإذا كانت مساحة الأرض كبيرة فإنها تقسم إلى مجموعة من المستطيلات أو المربعات على غرار الميزانية الشبكية وتوجد مناسيب أركان المستطيلات أو المربعات التى قسمت إليها القطعة ، ولو فرض فى هذه الحالة أن العملية كلها حفر أو كلها ردم فنعين أولا إرتفاع كل ركن من أركان المستطيلات عن منسوب المستوى المطلوب التسوية عليه ويكون الحجم الكلى للحفر أو الردم فى هذه الحالة على ضوء المعادلة (٨٦) مساويا :

$$ح = \frac{م}{٤} (ع_١ + ٢ع_٢ + ٣ع_٣ + ٤ع_٤ + ...) \quad ... (٨٧)$$

حيث م مساحة المستطيل أو المربع الواحد .

$ع_١$ = مجموع ارتفاعات الحفر أو الردم المشتركة فى جزء واحد

$ع_٢$ = مجموع ارتفاعات الحفر أو الردم المشتركة فى جزئين (أى التى تتكرر فى الحفر مرتين) .

$ع_٣$ = مجموع ارتفاعات الحفر أو الردم المشتركة فى ثلاث أجزاء (أى تتكرر فى الحساب ثلاث مرات) .

$ع_٤$ = مجموع ارتفاعات الحفر أو الردم المشتركة فى أربع أجزاء وهكذا

أما إذا كانت المساحة مقسمة إلى مثلثات متساوية فى المساحة فيكون الحجم الناتج عند التسوية هو :

$$ح = \frac{م}{٣} (ع_١ + ٢ع_٢ + ٣ع_٣) \quad ... (٨٨)$$

مثال :

قطعة أرض طولها ١٢٠ متر وعرضها ٦٠ مترا شكل (١٢٠) عملت لهـا ميزانية شبكية بتقسيمها إلى مستطيلات متساوية وعينت مناسيب الأركان لكل من المستطيلات ، والمطلوب حساب مقدار الحفر اللازم لتسوية هذه المنطقة على منسوب (٤٠ر٠) .

في شكل (١٢٣) بين مناسيب الأركان وبين أيضاً أرتفاعات الحفر اللازم عندها (الأرقام بين الأقواس) . ولحساب حجم لمكعبات الردم نلاحظ أن الأرتفاعات تتكرر إما مرة واحدة . أو مرتين أو أربعة مرات عند الحساب وبذا فان :

(٢٫٠٠) (١٫٠٠) (١٫٥٠) (١٫٧٠)
٦٫٠٠ ٥٫٠٠ ٥٫٥٠ ٥٫٧٠
٤٫٥٠ ٤٫٨٠ ٤٫٠٠ ٦٫٠٠
(٠٫٥٠) (٠٫٨٠) (صفر) (٢٫٠٠)
٣٠ متر ٤٠ متر
٥٫٥٠ ٤٫٦٠ ٤٫٠٠ ٥٫٠٠
(١٫٥٠) (٠٫٦٠) (صفر) (١٫٠٠)

شكل (١٢٠)

ع١	ع٢	ع٣	ع٤
١ر٧	١ر٥	—	صفر
٢ر٠٠	١ر٠٠	—	٠ر٨٠
١ر٠٠	٠ر٥	—	
١ر٥٠	٦ر٠		
	صفر		
	٢ر٠٠		
٦ر٢	٥ر٦	صفر	٠ر٨٠

$$\text{ويكون الحجم ح} = \frac{\text{م}}{\text{٤}} \left(\text{ع}_{\text{١}} + \text{٢ع}_{\text{٢}} + \text{٣ع}_{\text{٣}} + \text{٤ع}_{\text{٤}}\right)$$

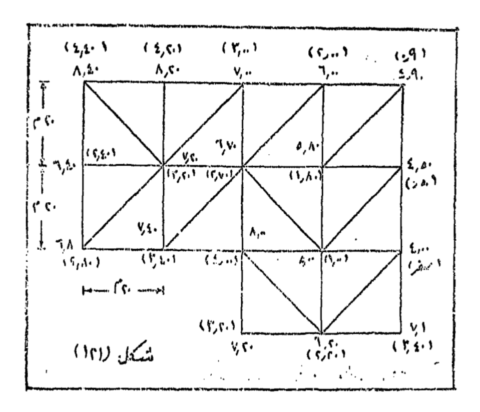
$$= \frac{\text{١٢٠}}{\text{٤}} \left(\text{٦ر٢} + \text{٢} \times \text{٥ر٦} + \text{٣} \times \text{صفر} + \text{٤} \times \text{ر٨}\right)$$

$$= \text{٦١٨ م}^{\text{٣}}$$

أحيانا تكون طبيعة سطح الأرض داخل المستطيل أو المربع الواحد متغيرة بحيث لا يمكن اعتبار أن نقط الأركان تقع على سطح مستوى واحد ، لذلك وللحصول على نتائج أدق تقسم الأرض إلى مثلثات وذلك بتوصيل أقطار المربعات أو المستطيلات المقسمة إليها القطعة ، ويجب علينا أن نختار القطر المطابق لسطح الأرض أكثر من غيره — ويحسب كل قسم على حدة باعتبار أنه متوازى مستطيلات مثلثى ناقص .

مثال :

قطعة أرض مبينة فى شكل (١٢١) — عينت مناسيب أركانها ووصلت الأقطار المطابقة لسطح الأرض والمطلوب حساب مقدار الحفر اللازم لتسوية هذه المنطقة على منسوب (٢٠ر٤) .



شكل (١٢١)

الحل

ع١	ع٣	ع٢	ع٤	ع٥	ع٦	ع٧
٣ر٤٠	٠ر٩	٢ر٠٠	٨ر٠٠	١ر٨٠	١ر٠٠	٢ر٧٠
٣ر٢٠	٤ر٢	٣ر٠٠	٢ر٢٠			٣ر٣٠
	٤ر٤	٠ر٨٠				
	٢ر٤	صفر				
	٢ر٨	٢ر٤٠				
٦ر٦٠	١٤ر٧	٩ر٢٠	٦ر٢٠	١ر٨٠	١ر٠٠	٥ر٩٠

الحجم المطلوب = م/٣ (ع١ + ٢ ع٢ + ٣ ع٣ + ٤ ع٤ + ٥ ع٥
+ ٦ ع٦ + ٧ ع٧)

حيث م هي مساحة المثلث = (٢٠ × ٢٠)/٢ = ٢٠٠ متر مربع

الحجم المطلوب = ٢٠٠/٣ (٦٫٦٠ + ٢ × ١٤٫٧ + ٣ × ٩٫٢٠ +
٤ × ٦٫٢٠ + ٥ × ١٫٨٠ + ٦ × ١٫٠٠ + ٧ × ٥٫٩٠)

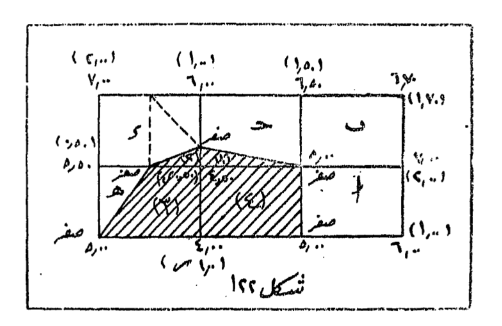
= ٢٠٠/٣ (٦٫٦٠ + ٢٩٫٤٠ + ٢٧٫٦٠ + ٢٤٫٨٠ + ٩٫٠٠ + ٦٫٠٠ +
٤١٫٣٠) = ١٤٤٫٧٠ × ٢٠٠/٣ = ٩٦٤٦٫٦٦ متر مكعب

وإذا كانت المنطقة المطلوبة تسويتها بها جزء حفر وآخر ردم فيجب أولا أن نعين الحد الفاصل بين الردم أي يجب أن نحسب خط الكنتور الذي منسوبه يساوي منسوب التسوية .

مثال ٢ :

قطعة أرض طولها ١٢٠ مترا وعرضها ٦٠ مترا عملت لهـــا ميزانية شبكية بتقسيمها إلى ستة مستطيلات ٣٠ × ٤٠ وعينت مناسيب أركانها شكل (١٢٢)

والمطلوب هو تسوية هذه القطعة على منسوب (٥٫٠٠) وإيجاد كميات الحفر والردم اللازمة .



قبل البدء فى حساب الحجم حددت نقط صفر حفر ردم بالنسبة والتناسب كما فى شكل (١٢٢) ، وعلى ذلك يكون حجم الردم هو .

$$ح = ح_١ + ح_٢ + ح_٣ + ح_٤$$

$$ح_١ = \frac{١٠ \times ٤٠}{٢} \times \frac{١}{٢} \times \frac{١}{٣} = \frac{١٠٠}{٣} = ٣٣٫٣ م^٣$$

$$ح_٢ = \frac{١٠ \times ٢٠}{٢} \times \frac{١}{٢} \times \frac{١}{٣} = \frac{٥٠}{٣} = ١٦٫٧ م^٣$$

$$ح_٣ = \left(\frac{٢٠ + ٤٠}{٢}\right) ٣٠ \left[\frac{٠٫٥٠ + ١٫٠٠}{٤}\right] = \frac{٦٠ \times ٣٠ \times ٢}{٨ \times ٢}$$

$$= ٣٣٧٫٥ \text{ م}^٣$$

$$ح_٤ = \frac{٣٠ \times ٤٠ \, (٠٫٥٠ + ١٫٠٠)}{٤} = ٤٥٠ \text{ م}^٣$$

$$\text{حجم الردم} = ٣٣٫٣ + ١٦٫٧ + ٣٣٧٫٥ + ٤٥٠ = ٨٣٧٫٥ \text{ م}^٣$$

$$\text{حجم الحفر } ح = ح_ا + ح_ب + ح_{جـ} + ح_د + ح_{هـ}$$

$$ح_ا = \frac{٣٠ \times ٤٠}{٤} \left(١ + ٢ + \text{صفر} + \text{صفر}\right)$$

$$= ٩٠٠ \text{ م}^٣$$

$$ح_ب = ٣٠ \times ٤٠ \left[\frac{٢ + ١٫٧ + ١٫٥ + \text{صفر}}{٤}\right]$$

$$٣٠٠ \times ٤٫٢٠ = ١٥٦ \text{ م}^٣$$

$$ح_{جـ} = \left(\frac{٣٠ + ٢٠}{٢}\right) ٤٠ + \left(١٫٥ \times ٠٫١٠ + \text{صفر} + \text{صفر}\right)$$

$$= ٥٢٥ \text{ م}^٣$$

$$ح_د = \frac{٣٠ \times ٢٠}{٤} \left(\text{صفر} + ٠٫٥٠ + ٢٫٠٠ + ١٫٥\right)$$

$$+ \frac{٣٠ \times ٢٠}{٢ \times ٣} \left(\text{صفر} + \text{صفر} + ١٫٥\right)$$

$$+ \frac{٢٠ \times ٢٠}{٢ \times ٣} \left(\text{صفر} + ١٫٠٠ + ١٫٥٠\right) = ٦١٦٫٧ \text{ م}^٣$$

$$ح_{هـ} = \frac{٢٠ \times ٣٠}{٢}\left[\frac{٠٫٥ + صفر + صفر}{٣}\right]$$

$$= ٥٠ م^{٣}$$

$$حجم الحفر = ح_{أ} + ح_{ب} + ح_{ج} + ح_{د} + ح_{هـ}$$

$$= ٩٠٠ + ١٥٦٠ + ٦٢٥ + ٩١٦ر٧ + ٥٠$$

$$= ٤٠٥١ر٧ م^{٣}$$

(يلاحظ هنا أنه عند حساب الحجم عند (ء) قسمة المساحة إلى مجموعة من المستطيلات والمثلثات وعينت إرتفاعات الانحــراف العمودية عندها بالنسبة والتناسب ومعلومية أرتفاعات الأحرف الأخرى على الخطوط الأصلية) .

وغالبا ما تكون حدود الأرض غير منتظمة وتكون الأجزاء المتطرفة في هذه الأحــوال مثلثات أو أشباه منحرفات ولذا تحسب حجوم هذه الأجزاء منفردة واضيفها إلى الحجوم الناتجة من المستطيلات أو المربعات المتشابهة لنحصل على الحجم الكلى .

رابعا — حساب المكعبات من خطوط الكنتور

يمكن حساب الكميات اللازمة لتسوية قطعة الأرض مباشرة من الخريطة الكنتورية المنطقة التي تقع الارض في نطاقها وشكل (١٢٣) يبين قطعة أرض مرسوم خطوط كنتورها ويراد تسويتهـــا على منسوب (٨٠٠ر٠٠) فيكون في هذه الحالة كونتور ٨٠٠ر٠٠ هو خط إنفصال الحفر عن الردم وتكون المساحة التي بمنسوب أعلى من ٨٠٠ر٠٠ حفر والمساحة ذات المنسوب أقل من ٨٠٠ر٠٠ عبارة عن ردم .

كونتور ١٠ = ١٠٠م٢ ، كونتور ٩ = ٢٠٠م٢ ، كونتور ٨ = ٤٠٠م٢

كونتور ٧ = ٤٨٠ م٢ ، كونتور ٦ = ٦٢٠م٢ ، كونتور ٥ = ٧٠٠م٢

والمطلوب هو تسوية هذه الأرض حتى منسوب (٧٫٠٠)، أوجد كمية الردم والحفر اللازم لإتمام التسوية .

الحل

كمية الحفر = ح ١٠ – ٩ + ح ٩ – ٨ + ح ٨ – ٧

= (١٠٠ + ٢٠٠ / ٢) × ١ + (٢٠٠ + ٤٠٠ / ٢) × ١

+ (٤٠٠ + ٨٤٠ / ٢) × ١

= ١٥٠ + ٣٠٠ + ٤٤٠ = ٨٩٠م٣

كمية الردم = ح من ٧ إلى ٦ + ح من ٦ إلى ٥

= (٤٨٠ – ٦٢٠ / ٢) (صفر + ١٫٠٠) + (٦٢٠ – ٧٠٠ / ٢) (١ + ٢)

= ٧٠ + ١٢٠ = ١٩٠م٣

مثال ٢ :

قدرت المساحة داخل كل كونتورية فى هضبة بجهاز البلانيمتر فكانت :

كونتور ٢٦ = ٨٠م٢ ، كونتور ٢٤ = ١٣٠م٢ ، كونتور ٢٢ = ١٦٠م٢

كونتور ٢٠ = ٢١٠م٢ ، كونتور ١٨ = ٢٥٠م٢ ، كونتور ١٦ = ٣٠٠م٢

كونتور ١٤ = ٣٢٠م٢ ، كونتور ١٢ = ٤٠٠ م٢

فإذا كان المطلوب هو تسوية هذه الأرض حتى منسوب (١٩٫٠٠)
فأوجد مقدار كلا من الحفر ، والردم اللازمين لهذه التسوية.

الحل

المساحة داخل كونتور ١٩ = متوسط المساحتين داخل ٢٠ ، ١٨

$$= \frac{٢١٠ + ٢٥٠}{٢} = ٢٣٠ \text{ م}^{٢}$$

كمية الحفر = ح ٢٦-٢٤ + ح ٢٤-٢٢ + ح ٢٢-٢٠ + ح ٢٠-١٩

$$\text{كمية الحفر} = \left(\frac{٨٠ + ١٣٠}{٢}\right) \times ٢ + \left(\frac{١٣٠ + ١٦٠}{٢}\right) \times ٢ +$$

$$\left(\frac{١٦٠ + ٢١٠}{٢}\right) \times ٢ + \left(\frac{٢١٠ + ٢٣٠}{٢}\right) \times ١$$

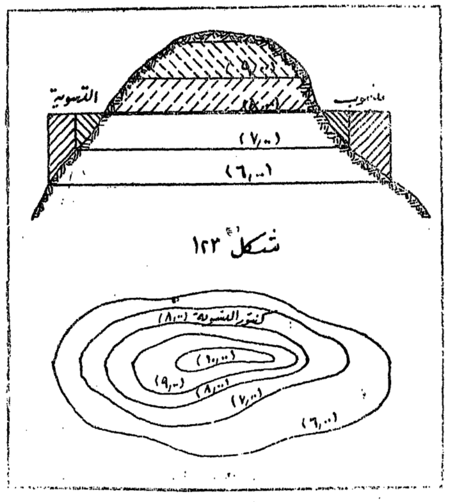
$$= ٢١٠ + ٢٩٠ + ٣٧٠ + ٢٢٠$$

= ١٠٩٠ متر مكعب

كمية الردم = ح ١٩-١٨ + ح ١٨-١٦ + ح ١٦-١٤ + ح ١٤-١٢

ولإيجاد مكعبات الحفر والردم فى هذا المثال يجرى الآتى :

١ — تحسب المساحة المحصورة داخل كونتور (١٠٫٠٠) وداخل كونتور (٩٫٠٠) وداخل كونتور (٨٫٠٠) بالبلانيمتر ويكون حجم الحفر مساوياً :



شكل ١٢٣

$$ح_{١٠-٩} = \frac{\text{مساحة كونتور (١٠٫٠٠) + مساحة كونتور (٩٫٠٠)}}{٢}$$

× الفترة الكونتورية

وهذا المقدار الذى يجب حفره حتى نصل إلى كونتور (٩٫٠٠)

ح ٩ - ٨ = (مساحة كونتور (٩٫٠٠) + مساحة كونتور (٨٫٠٠)) / ٢

× الفترة الكونتورية

ويكون مجموع الحفر = ح ١٠ - ٩ + ح ٩ - ٨

٣ - لحساب الردم تحسب المساحة داخل الكونتور (٧٫٠٠) وتطرح منها مساحة (٨٫٠٠) ينتج مساحة الردم وتضرب هذه المساحة فى متوسط الارتفاع حتى منسوب التسوية (٨٫٠٠) أى فى ((صفر + ١) / ٢) ينتج الردم اللازم ما بين كونتورى (٧٫٠٠) ، (٨٫٠٠) ثم تحسب المساحة داخل الكونتور (٦٫٠٠) وتطرح منها مساحة (٧٫٠٠) وينتج مساحة الردم وتضربها فى متوسط الارتفاع عن منسوب التسوية ((١ + ٢) / ٢) ينتج مقدار الردم اللازم حتى نصل من منسوب ٧ إلى ٦ ويكون مجموع الردم = ح ٨ - ٧ + ح ٧ - ٦

٤ - فى هذه الحالة نحصل على أرض مستوية منسوبها ٨٫٠٠ وبسمة خط كونتور (٦٫٠٠) وجوانبها رأسية .

٥ - إذا أريد الحصول على أرض مستوية منسوب (٨٫٠٠) وبميلها الطبيعى فلا داعى للردم وإنما نحصل على أرض مستوية وبسمة خط كونتور (٨٫٠٠) بعد إتمام الحفر فقط .

مثال ١

قدرت المساحة داخل كل خط كونتور بالبلانيمتر فى هضبة فكانت كما يلى

= (٢٥٠ - ٢٣٠) ((صفر + ١) / ٢) + (٣٠٠ = ٢٥٠) ((١ + ٣) / ٢)

+ (٢٢٠ - ٢٣٠) ((٣ + ٥) / ٢) + (٤٠٠ - ٣٢٠) ((٥ + ٧) / ٢)

= ٢٠ × ½ + ٥٠ × ٢ + ٢٠ × ٤ + + ٨٠ × ٦

= ١٠ + ١٠٠ + ٨٠ + ٤٨٠ = ٦٧٠ متر مكعب

مكعبات الاتربه فى المنحنيات

تؤخذ القطاعات العرضية فى المنحنيات فى اتجاه قطرى (عمودى على المماس) بذا لا يمكن تطبيق قاعدة المنشور المجسم أو متوسط القاعدتين لإيجاد الحجم بن أى قطاعين لأنهما غير متوازيين .

وفى الأحوال العادية التى لا تتطلب دقة كبيرة يهمل تأثير هذا الانحناء ونعتبر ن كل قطاعين قطريين متتاليين متوازيين ، تأثير الانحناء قد يكون كبيرا فى لمنحنيات الحادة ذات نصف القطر الصغير ويكون التأثير أكبر إذا كانت كمية لحفر أو الردم كبيرة وأيضا فى حالة عدم تماثل القطاع حول المحور . فى هذه لحالة لابد من حساب تأثيره .

حساب الكميات فى المنحنيات

تبعا لنظرية (Prppus) باباس فإن حجم أى جسم ناتج عن تحرك مساحة .ستوية حول محور ثابت مسافة ما ، يساوى حاصل ضرب مساحة هذا القطاع ، طول مسار مركز ثقلها . ويمكن إيجاد متوسط مساحات القطاعات فى مسافة ا واعتبار أن هذا القطاع يمثل القطاعات المختلفة فى المسافة ونحسب مركز ثقله م نضرب هذه المساحة × مسار مركز الثقل فينتج الحجم .

وتوجد لذلك طريقتان :

الطريقة الاولى :

١ — تقسم الجسم إلى عـــدة قطاعات وتتوقف المسافات بين القطاعات المختلفة على الرقة المطلوبة .

٢ — نوقع مراكز ثقل القطاعات المختلفة . ونفرض أنها على أبعاد $هـ_٠$ ، $هـ_١$ ، $هـ_٢$ من محور الطريق شكل (١٩٣) ثم نوقع $هـ_٠$ ، $هـ_١$ ، $هـ_٢$ ... على المسقط الأفقى للطريق شكل (١٩٤) ،

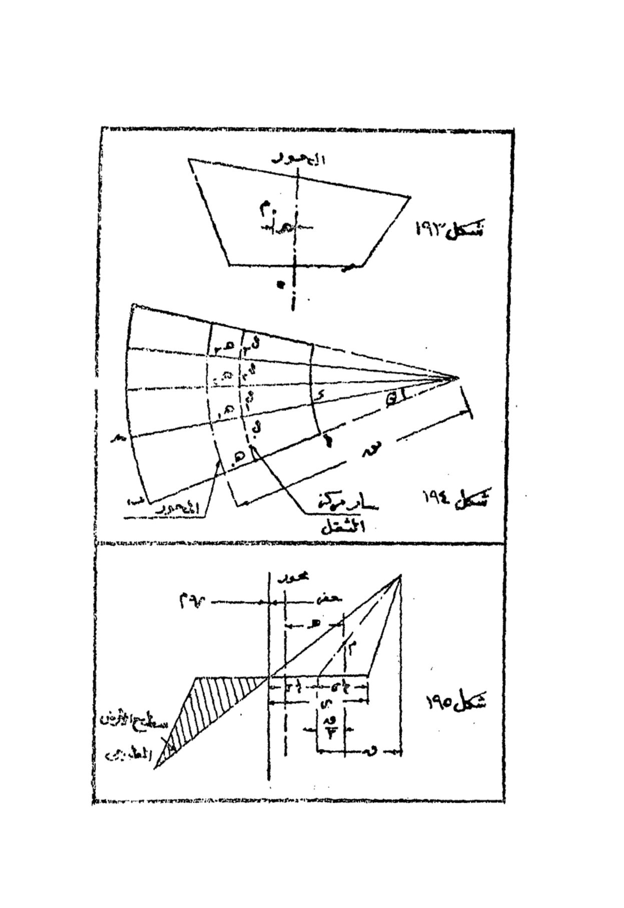
٣ — نقيس المسافة $ل_٠$ ، $ل_١$ ، $ل_٢$ ، ... بين مراكز الثقل المتتاليـــة بأى طريقة من الرسم على طول المنحنى أو يمكن أعتبار أن $ل_٠$ قوس من دائرة

نصف قطرها ($س - \frac{هـ_٠ + هـ_١}{٢}$) وبالمثل الاطوال $ل_١$ ، $ل_٢$ ، ...

٤ — نفرض أن مساحات القطاعات هى $ح_٠$ ، $ح_١$ ، $ح_٢$ ...

$$الحجم الكلى = \frac{١}{٢} ل_٠ (ح_٠ + ح_١) + \frac{١}{٢} ل_١ (ح_١ + ح_٢) + ...$$

٥ — يمكن إتباع هذه الطريقة فى إيجاد حجم كل من الحفر والردم فى حالة الجسر المبين فى شكل (١٩٥) . ويعين بعد مركز الثقل عن محـــور الطريق فى القطاعات الشبيهة بالقطاع المبين فى شكل (١٩٦) من المعادلة التالية :



شكل ١٩٣

شكل ١٩٤

شكل ١٩٥

$$ه = \frac{ل_١ . ل_٢ (ل_١ + ل_٢)}{٣ ط . س} \quad ... \quad (٨٩)$$

حيث :

س = مساحة القطاع الكلية

، ر : ط إنحدار الأرض الطبيعية فى الإتجاه العمودى على محور الجسر .

وعندما يكون سطح الأرض الطبيعية أفقياوالميول الجانبيةللقطاع متساوية فإن مركز ثقل القطاع يقع على المحور . أما إذا كانالميول الجانبية مختلفه وسطح الأرض الطبيعية أفقى فيحدد مراكز الثقل بإعتبارأن القطاع شبه منحرف ، وأنسب طريقة لذلك هى بأخذ عزوم أو بالطرق البيانية.

الطريقة الثانية :

١ — نفرض فى شكل (١٩٤) أن مساحة كل من القطاعين ا ب ، حـ ء ثابتة وأن الحجم حسب على أساس أنه يساوى المساحة × المسافة بينهما على المحور.

٢ — تبعا لنظرية بابس فإن الحجم المحسوب بإستعمال طول المحور به خطأ قدره (ط) .

ط = المساحة × (طول المحول بين القطاعين — طول مسار مركز الثقل)

٣ — وعموما فإن المساحة (س) فى الطبيعة تتغير عادة من وضع لآخر على المحور وبذا فإن مسار مركز الثقل لايكون جزءا من قوس دائرى ومن الصعب حساب طول مثل هذا المسار . لذا نطبق التصحيح على المساحات مع أخذ المسافات على المحور .

٤ — لهذا الغرض نفرض أن :

نصف قطر المحور = نق

زاوية دوران مستوى القطاع = θ

البعد بين مركز ثقل القطاع والمحور = هـ

ح = س (نق - هـ) θ

وتعتبر (هـ) موجبة إذا إلى الخارج من المحور بعيدا عن المركز ويصبح الحجم.

$$\text{ح} = \text{س}\,(\text{نق} + \text{ه})\,\theta$$

$$\text{الخطأ فى حساب الحجم} = \pm\, \text{س}_{\text{،}}\, \text{ه}\, \theta$$

$$= \pm\, \text{س ه} \times \frac{\text{طول المحور}}{\text{نق}}$$

$$= \pm\, \text{الحجم العادى} \cdot \frac{\text{ه}}{\text{نق}}$$

$$\text{الخطأ فى الحجم لوحدة المسافات} = \pm\, \frac{\text{س ه}\, \theta}{\text{نق}\, \theta}$$

$$\boxed{\text{الخطأ فى الحجم لوحدة المسافات} = \pm\, \frac{\text{س ه}}{\text{نق}}} \quad \ldots\ldots (٩٠)$$

هذا التصحيح يضاف أو يطرح من المساحة عند كل قطاع ثم تطبق المعادلات العادية لإيجاد الحجوم فى حالة الخطوط المستقيمة .

٥ — هذا بالطبع ليس دقيقا تماما ولكن فى حالة أنصاف الأقطار الصغيرة أو عندما تكون ه كبيرة فإن النتيجة تكون أقرب كثيرا إلى الصحة لو لم نستعمل التصحيح .

٦ — ويمكن تطبيق المعادلة لإيجاد الحجم مباشرة .

$$\boxed{\text{ح} = \frac{\text{ل}}{٢}\left(\text{س}_{١} + \text{س}_{٢}\right)\left(١ \pm \frac{\text{ه}}{\text{نق}}\right)} \quad \ldots\ldots (٩١)$$

حيث ل = طول القوس مقاسا على المحور .

$س_1$ ، $س_2$ = مساحتا القطاعين الأول والأخير على الترتيب .

هـ = البعد بين مركز ثقل القطاع الأوسط والمحور .

نق = نصف قطر المحور .

والإشارة السالبة تؤخذ دائما عندما يكون مركز الثقل إلى الداخل ، بالنسبة للمحور ناحية مركز التقوس . وموجبا إذا كانت خارجة .

تسوية الأراضى للرى

من المشروعات العامة والتطبيقية للمساحة هو حساب المناسيب الواجب تسوية الأرض عليها لإعدادها للزراعة ، ومن ثم حساب كميات الحفر أو الردم اللازمة لعمل التسوية بأقل تكاليف ممكنة .

وهناك عدة طرق مستخدمة لحساب تسوية الأراضى تتوقف على نوع التسوية المطلوبة على شكل الأرض بعد التسوية هل سيكون أفقيا أو تنحدر فى إتجـــاه واحد أو إتجاهين متعامدين .

ومن هذه الطرق طريقة أستصلاح الأراضى والتى تتلخص فى النقط التالية :

١ — تعمل المنطقة المراد تسويتها ميزانية شبكية بتقسيمها إلى مجموعات من المربعات أو المستطيلات، وإيجاد مناسيب أركان هذه المربعات أو المستطيلات .

٢ — يحسب المنسوب المتوسط للتسوية على أساس أنه المنسوب المتوسط من جميع مناسيب أركان الشبكة ، أى أن :

متوسط منسوب التسوية = $\frac{\text{مج جميع مناسيب نقط الشبكة}}{\text{عدد النقط}}$ .... (٩٢)

٣ — يحسب عمق الحفر أو إرتفـــاع الردم عند كل نقطة من نقط الشبكة وذلك بمقارنة منسوب أى نقطة بمنسوب التسوية ، فإذا كان منسوب النقطة أعلى من منسوب التسوية كان المطلوب حفر بمقدار الفرق بين المنسوبين ، أما إذا كان منسوب التسوية أعلى من منسوب النقطة كان المطلوب إجراء ردم بمقدار فرق المنسوبين .

يحسب عدد النقط التى سيتم فيها حفر لإجراء التسوية وكذلك عدد النقط التى سيتم فيها ردم .

٥ — تحسب مساحة المنطقة كلها وكذلك مساحة الجزء الذى سيتم فيه الحفر فى الأرض والجـــزء الذى سيتم فيه الردم . ويمكن الحصول على قيم تقريبية لمساحات الحفر أو الردم من المعادلات الآتية :

$$\text{مساحة الجزء المحفور} = \frac{\text{عدد نقط الحفر}}{\text{عدد النقط الكلية}} \times \text{المساحة الكلية للارض}$$

... ... (٩٣)

$$\text{مساحة الجزء المردوم} = \frac{\text{عدد نقط الردم}}{\text{عدد النقط الكلية}} \times \text{المساحة الكلية للارض}$$

... ... (٩٤)

يحسب متوسط عمق الحفر فى المنطقة ومتوسط عمق الردم .

$$\text{متوسط عمق الحفر} = \frac{\sum \text{أعماق الحفر}}{\text{عدد نقط الحفر}}$$ ... ... (٩٥)

$$\text{متوسط ارتفاع الردم} = \frac{\sum \text{ارتفاعات الردم}}{\text{عدد نقط الردم}}$$ ... ... (٩٦)

٧ — وبذا يكون :

حجم كميات الردم = مساحة الردم × متوسط إرتفاع الردم

حجم كميات الحفر = مساحة الحفر × متوسط عمق الحفر

٨ — يحسب متوسط مكعبات التسوية (متوسط كميات الحفر والردم) .

ومن ثم يمكن حساب متوسط ما يخص كل فدان من مكعبات التسوية .

مثال :

قطعة أرض أبعادها ٢٥٠ × ٢٠٠ م أجريت لهـا ميزانية شبكية بغرض تسويتها وكانت أضلاع مربعات الشبكة بطول ٥٠ متر . إحسب منسوب التسوية المتوسطة ومقدار إرتفاعات الحفر أو الردم عند كل نقطة ومقدار مايخص كل فدان من مكعبات التسوية ، وذلك إذا كانت مناسيب نقط الشبكة كالآتى :

٣ر١٢	٣ر٠٢	٣ر٤٢	٤ر٠٥	٤ر٢٢
٢ر٣١	٢ر٢٨	٣ر٥٢	٤ر١٢	٤ر٢٧
٣ر٤٠	٣ر٤٢	٣ر٤٤	٢ر٧٤	٣ر٥٨
٣ر١٠	٣ر٢٦	٣ر١٢	٣ر٢٢	٣ر٣٨
٣ر١٠	٢ر٨٨	٢ر٩٨	٣ر٤٤	٣ر٥٢
٢ر٥٨	٢ر٧٤	٣ر٢٨	٣ر٧٤	٣ر٧٩

الحل

الجدول التالى بين مناسيب الأرض عند النقط المختلفة ومنه عين المنسوب المتوسط للتسوية ، وفى الجدول عينت إرتفاعات الحفر أو الردم .

رقم النقطة	منسوب الأرض	عمق الحفر	إرتفاع الردم	رقم النقطة	منسوب الأرض	عمق الحفر	إرتفاع الردم
١	٣ر١٢		ر٢٩	١٦	٣ر١٠		٠ر٣١
٢	٣ر٠٢		ر٣٩	١٧	٣ر٣٦		٠ر١٥
٣	٣ر٤٢	ر٠١		١٨	٢ر١٢		٠ر٢٩
٤	٤ر٠٥	ر٦٤		١٩	٣ر٣٢		٠ر٠٩
٥	٤ر٢٢	٠ر٨١		٢٠	٣ر٣٨		٠ر٠٣
٦	٣ر٣١		٠ر١٠	٢١	٣ر٠		٠ر٣١
٧	٣ر٢٨		٠ر١٣	٢٢	٢ر٨٨		٠ر٥٣
٨	٣ر٥٢	٠ر١١		٢٣	٢ر٩٨		٠ر٤٣
٩	٣ر١٢	٠ر٧١		٢٤	٣ر٤٤	٠ر٣٠	
١٠	٤ر٢٧	٠ر٨٦		٢٥	٣ر٥٦	٠ر١١	
١١	٣ر٤٠		ر٠١	٢٦	٢ر٥٨		٠ر٨٣
١٢	٣ر٤٢	ر٠١		٢٧	٢ر٨٤		٠ر٥٧
١٣	٣ر٤٤	ر٠٣		٢٨	٣ر٢٨		٠ر١٣
١٤	٣ر٧٤	٠ر٣٣		٢٩	٢ر٧٤	٠ر٢٢	
١٥	٣ر٥٨	٠ر١٧		٣٠	٢ر٧٩	٠ر٢٨	
				مج	١٠٢ر٢٤	٤ر٥٣	٤ر٥٩

متوسط المنسوب بعد التسوية $= \frac{١٠٢ر٢٤}{٣٠} =$ ٣ر٤١

من الجدول : عدد نقط الحفر = ١٤

عدد نقط الردم = ١٦

مساحة الجزء المحفور = $\frac{١٤}{٣٠}$ × ٢٥٠ × ٢٠٠ = ٢٣٣٣٣ متر^{٢}

مساحة الجزء المردوم = $\frac{١٦}{٣٠}$ × ٢٥٠ × ٢٠٠ = ٢٦٦٦٧ متر^{٢}

متوسط عمق الحفر = $\frac{٤٫٥٣}{١٤}$ = ٠٫٣٢٣٦ متر

متوسط أرتفاع الردم = $\frac{٤٫٥٩}{١٦}$ = ٠٫٢٨٦٩ متر

مكعبات الحفر = ٢٣٣٣٣ × ٠٫٣٢٣٦ = ٧٥٥٠ م^{٣}

مكعبات الردم = ٢٦٦٦٧ × ٠٫٢٨٦٩ = ٧٦٥٠ م^{٣}

متوسط مكعبات التسوية = $\frac{٧٥٥٠ + ٧٦٥٠}{٢}$ = ٧٦٠٠ م^{٣}

متوسط مايخص كل فدان = $\frac{٧٦٠٠ × ٤٢٠٠٫٨٣}{٥٠٠٠٠}$ = ٦٤٠ م^{٣}

تسوية الارض على ميول محددة

فى بعض الاحيان تسوى الأرض بحيث يكون سطحها بعد التسوية مائلا فى إتجاه معين وأفقى فى الاتجاه العمودى وأحيانا مائلا فى الاتجاهين المتعامدين وذلك لتحسين صرف المياه بعد الرى ويمثل ماتبع فى الطريقة السابقة تعمل للمنطقة ميزانية شبكية بغرض تعيين مناسيب الأرض الطبيعية عند نقط الشبكة المختلفـــة .

وخطوات حساب التسوية فى هذه الحالة تتلخص فيما يلى :

١ — نوجد مركز ثقل المنطقة (المركز الهنـــدسى لشكل قطعة الأرض المطلوب تسويتهـــا) .

٢ — نحسب منسوب التسوية لمركز ثقل المنطقة وليكن ع م حيث

$$\text{ع م} = \frac{\text{مجموع مناسيب سطح الأرض عند الأركان}}{\text{عدد الأركان}} \quad \cdots (١٧)$$

٣ — نرسم بمركز الثقل محورين متعامدين يعينان إتجاه ميـــل الأرض . بمعلومية إنحدار الأرض فى كل إتجاه منها نحسب مناسيب التسوية لنقط الشبكة المختلفة إبتداء من نقطة مركز الثقل ، ثم نعين إرتفاعات الردم وأعماق الحفر بمقارنة منسوب سطح الأرض الطبيعية عند كل نقطة بمنسوب التسوية . والمثال التالى يوضح الخطوات الحسابية للتسوية .

مثال :

قطعة أرض مستطيلة الشكل أبعادها ٢٥٠×١٨٠ متراً قسمت إلى مستطيلات بأبعاد ٧٠ × ٦٠ متر ، عملت لها ميزانية شبكية ويراد تسويتها بميل إلى أسفل من الشمال إلى الجنوب مقداره ١ : ٢٥٠ ومن الغرب إلى الشرق بميل ١ : ٥٠ إلى أعلى . أوجد مقدار الحفر والردم عند كل نقطة من النقط إذا كانت مناسيب الأركان هي :

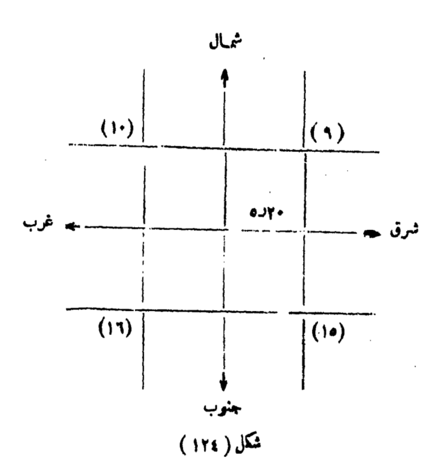
٢ر٦	٧ر٦	٤ر١	٨ر٧	٤ر٢	٦ر٢
٤ر٥	٢ر٢	٣ر١	٢ر٤	٧ر٧	٤ر٤
٢ر٢	٨ر٠	٧ر٠	٦ر٣	٦ر٠	٦ر٤
٥ر١	١ر٦	٨ر٦	٤ر٦	٨ر١	١ر١

الحل

مركز ثقل القطعة هو مركز المستطيل أى يبعد عن الحافة السفلى ٩٠ متر وعن الحافة اليسرى ١٧٥ متر ومنسوبه هو متوسط جميع مناسيب الأركان ، أى أن

$$\text{منسوب المركز} = \frac{١٢٤ر٨}{٢٤} = ٥ر٢٠$$

ولحساب منسوب التسوية لنقطة مثل (٩) شكل (١٢٤) نجد أن هذه النقطة تبعد بمقدار ٢٠ متر شمالى مركز الثقل وبمقدار ٣٥ متر شرق مركز الثقل



شكل (١٢٤)

وبهذا يكون منسوب التسوية لهذه النقطة = ٥ر٢٠ + ٣٥ × $\frac{١}{٥}$ + ٣٠ × $\frac{١}{٢٥٠}$ = ٦ر٠٢ متراً

ولنقطة مثل (١٠) منسوب التسوية = ٥ر٢٠ − ٣٥ × $\frac{١}{٥}$ + ٣٠ × $\frac{١}{٢٥٠}$ = ٤ر٦٢ مترا

ولنقطة (١٥) منسوب التسوية = ٥ر٢٠ + ٣٥ × $\frac{١}{٥}$ − ٣٠ × $\frac{١}{٢٥٠}$ = ٥ر٧٨ متر

والنقطة (١٦) منسوب التسوية = ٥ر٢٠ − ٣٠ × $\frac{١}{٥٠}$ − ٣٠

× $\frac{١}{٢٥٠}$ = ٤ر٣٨ متر

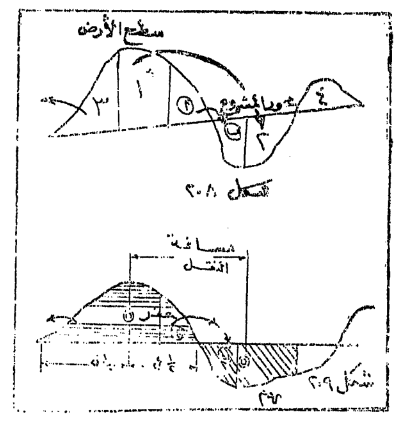
وبالتالى لباقى النقط . والجدول التالى يبين مناسيب الأرض الطبيعية .

ومناسيب التسوية للنقط المختلفة وكذلك إرتفاعات الحفر والردم عند كل نقطة .

رقم النقطة	منسوب الأرض	منسوب التسوية	عمق الحفر	ارتفاع الحفر	رقم النقطة	منسوب الأرض	منسوب التسوية	عمق الحفر	ارتفاع الحفر
١	٦ر٢٠	٩ر٠٦		٢ر٨٦	١٣	٦ر٤	٩ر٥٨		٢ر١٨
٢	٤ر٤	٧ر٦٦		٣ر٢٦	١٤	٦ر٠	٧ر١٨		١ر٨٨
٣	٨ر٧	٦ر١٦	٢ر٤٤		١٥	٦ر٢	٥ر٧٨	٠ر٤٢	
٤	٤ر١	٤ر٨٠		٠ر٧٩	١٦	٧ر٠	٤ر٣٨	٢ر٦٢	
٥	٧ر٦	٣ر١٦	٤ر١٤		١٧	٨ر٠	٢ر٩٨	٥ر٠٢	
٦	٣ر٦	٣ر٠٦	١ر٥٤		١٨	٣ر٢	١ر٥٨	١ر٦٢	
٧	٤ر٤	٨ر٨٢		٤ر٤٢	١٩	١ر١	٨ر٣٤		٧ر٢٤
٨	٧ر٧	٧ر٤٢	٠ر٣٢		٢٠	٨ر١	٦ر٩٤	١ر١٦	
٩	٢ر٤	٦ر٠٢		٣ر٦٢	٢١	٤ر٦	٥ر٥٤		٠ر٩٤
١٠	٣ر١	٤ر٦٢		١ر٥٢	٢٢	٨ر٦	٤ر١٤	٤ر٤٦	
١١	٢ر٢	٣ر٢٢		١ر٠٢	٢٣	١ر٦	٢ر٧٤		٢ر١٤
١٢	٤ر٥	١ر٨٢	٢ر٦٨		٢٤	٥ر١	١ر٣٤	٣ر٨٦	

مسافات وكميات النقـــل

عند إنشاء خطوط الشكك الحديدية وشبكات الطرق الجديدة يجب مراعاة أن تكون محاور هذه المشروعات ذات ميول محددة ويجب عـــدم تجاوزها حتى يمكن للقطارات والسيارات أن تجرى عليها بسرعتها التصميمية . وعنـــد تنفيذ ذلك ستواجهنا مشكلة إجراء عمليات حفر وردم على طول هذه المحاور وفى المساحات التمهيدية لمشروعات الطرق والشكك الحـــديدية تعمل قطاعات طولية تبين سطح الأرض الطبيعية وسطح الإنشاء — (شكل ٢٠٨) وقطاعات



شكل ٢٠٨

عرضية تبين مقطع الطريق المقترح ، ومن هـذه القطـاعات الطوليـة والعرضية تحسب كميات الحفر والردم اللازمة لتنفيـذ المشروع . كما تساعد هـذه القطاعات

على كيفية توزيع هـذه الـكميات من الأتربة بحيث تنقـل الأتربة ناتج الحفر فى القطوع إلى مناطق الردم لتنفيذ الجسور ، ومنها نستطيع أن نبين الـكميات التى نستطيع نقلها إما بالعمال أو البلدوزرات وهى ما نطلق عليـــه **كميات النقل المسموح** ، مثل نقـل الـكمية (١) إلى (ب) فى شكل (٢٠٨) . كذلك من هـذه القطاعات يمـكن تحديد الـكميات التى ستنقل بواسطة وسائل النقل وهى ما نطلق عليها **النقل الزائد** مثل نقـل الـكمية (١) إلى (٢) فى شكل (٢٨٠) . كما أنه من هذه القطاعات يمـكننا تحديد ما إذا كنا فى حاجة إلى نقـــل كميات من الأتربة خارج منطقة العمل مثل الـكمية (٣) فى شكل (٢٠٨) لعدم الحاجة إليهـــا فى عمليات الردم (**استهلاك**) . أو كنـا فى حاجة لأتربة من خارج الموقـع لتـكملة تنفيذ ردم الجسور (**قرض**) .

مسافة النقل

(Haul Distance)

مسافة النقل تساوى البعد بين مركز ثقل الحفر ومركز ثقل الجزء من الجسر الذى يملأ هذا الحفر ، وشكل (٢٠٩) يبين قطاعا طوليـا لمشروع حيث نجـــد أن كميات الحفر اللازمة للحصول على سطح الإنشاء يمـكن استغلالها لتغطيـــة جزء من كميات الردم المطلوبة ، فتـكون مسافة النقـــل هى المسافة بين مركز ثقل الحفر ومركز ثقـل الجـزء من الردم الذى يساوى الحفـــر فى الـكمية ويطلق عليها مسافة النقل الكلية ويمـكن إعتبار أن مركز ثقل الـكمية يقع عنـد منتصفها أى عند القطاع الذى يحدد نصف الـكمية . فى شكل (٢٠٩) مركز ثقل الحفر يقع عند النقطة التى تحدد نصف كمية الحفر (½ ل) وليس عند منتصف المسافة .

ويمكن تعيين مسافة النقـــل وكذلك الكميات المنقولة بإستخدام منحنى التوزيع الكمى الذى يرسم من واقع بيانات القطاعات الطولية المأخوذة للمشروع

منحنى التوزيع الكمى
(Mass Curve)

منحنى التوزيع الكمى هو منحنى محوره الأفقى يمثل المسافات على محـــور خط الانشاء (محور الطريق أو الخط الحديدى) وإحـــداثياته عند أية نقطـة عبارة عن كميـة الأتربة حتى تلك النقطة . ولإيضاح ذلك نأخذ المثال التالى فى الإعتبار .

مثـال

من واقع بيـانات قطاع طـولى لمشروع مقترح لإنشاء طريق ومن واقـــع القطاعات العرضية المأخوذة عليه حسبت كميات الأتربة اللازمة لتنفيذ المشروع فكانت كما هو مبين فى الجدول الآتى :

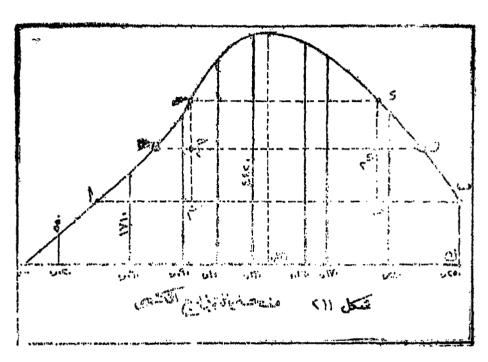
والمطلوب رسم منحنى التوزيع الكمى لهذه الكميات .

الحـل

شكل (٢١١) يبين منحنى التوزيع الكمى المطلوب وفيه المحور الأفقى يمثـل المسافات ، والأحداثيات الرأسية تمثل كميـة الأتربة الكلية المحسوبة حتى أى قطاع لكمية الحفر عند البداية = صفر وعند الكيلو ٠٫٢٠٠ يصبح ما لدينا من أتربه ٥٥٠ م٣ وعند الكيلو ٠٫٦٠٠ تزداد الكمية إلى ١٫٧١٠ م٣ وعند الكيلو ١٫٣٠٠ يكون ما لدينا من مادة قد بلغ ٤٫٠٢٠ م٣ وهو نهاية الحفر تقريبا .

القطاع عند الكيلو متر	ردم (م٣)	حفر (م٣)
٠٠٠ر٠		
		٥٥٠
٠٢٠ر٠		
		١١٦٠
٠٦٠ر٠		
		١١٤٠
٠٩٠ر٠		
		١٠٥٠
١١٠ر٠		
		٦٠٠
١٣٠ر٠	٨٠	
		١١٠
١٦٠ر٠	٥٢٥	
١٧٠ر٠	٢١٥	
٢١٠ر٠	١٠٤٠	
٢٥٠ر٠	١٦٢٠	

وعند القطاع ٠٦٠ر١ يكون ماالدينـــا من ماده قد بلغ ٤٠٨٥ م٣ وعند القطاع الطولى ١٧٠ر١ تكون الكمية الكلية (حفر ـــ ردم) مساوية ٣٨٧٠م٣ وعند نهاية المشروع تكون الكمية الكلية ١٢١٠ م٣ وهو إحداثى موجب فى المنحنى يدل على أن هناك كميات أتربه فائضة ناتجة عن الحفر الذى يزيد فى الحجم عن الردم بمقدار ١٢١٠ م٣ ويجب إستهلاكها . وإذا وصلت هـــذه



شكل ٢١١

النقط بمنحنى نحصل على منحنى التوزيع الكمى كما هو موضح فى شكل (٢١١) .

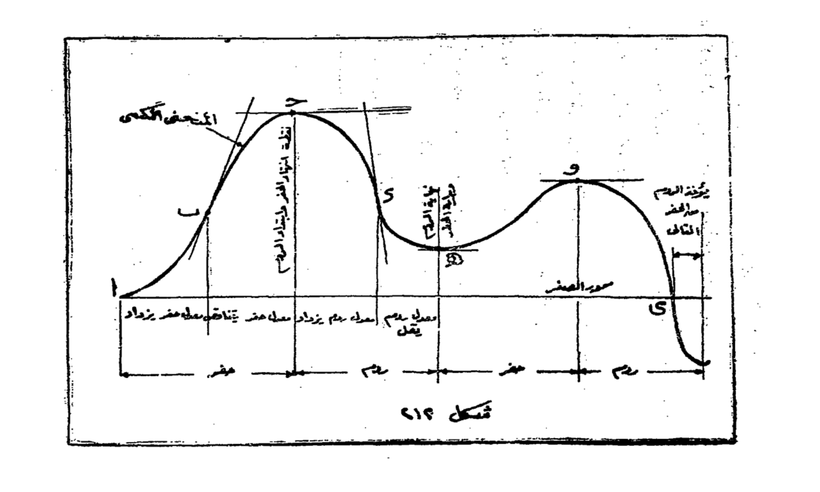
خواص منحنى التوزيع الكمى

شكل (١١٢) يوضح منحنى توزيع كمى مرسوم من واقع بيانات خاصة بمشروع إنشاء خط سكة حديد . ومن الشكل يمكن ذكر الخواص الآتية لمنحنى التوزيع الكمى :

١ — إذا أخذ ميل منحنى التوزيع الكمى فى الازدياد دل ذلك على أن معدل الحفر آخذ فى الازدياد (من ا إلى ب) .

٢ — إذا قل الميل دل ذلك على أن معدل الحفر يتناقص .

٣ — إذا وصل الميل إلى صفر دل ذلك على أننا وصلنا إلى نقطة نهاية حفر وبداية ردم أو العكس (عند حـ ، هـ ، و) .



شكل ٢١٢

٤ — إذا قطع المنحنى خط الصفر دل ذلك على أن المادة قد تعادلت حتى تلك النقطة أى تساوى حفرها وردمها (عندالنقطاى) .

٥ — إذا انخفض المنحنى عن خط الصفر دل ذلك على أننا فى إحتياج إلى مادة نجلبها من الجزء التالى وهكذا .

٦ — إذاكان ميل منحنى التوزيع الكمى موجبا (المنطقة ا حو والمنطقات هو) دل ذلك على حفر ، وإذاكان سالبا دل ذلك عن ردم (المنطقة حو و ه والمنطقة وى إلى آخر المنحنى) .

٧ — إذاكان إحداثيات المنحنى موجبة دل ذلك على وجود المادة بالمنطقة وان كانت سالبة دل ذلك على الإحتياج إلى المادة .

٨ — إذا سار المنحنى أفقيا لجزء من طول الخط دل ذلك على أن الخط يتابط سطح الأرض فى ذلك الجزء .

٩ — إذا إنتهى المنحنى بحيث كان إحداثيا موجبا دل ذلك على وجود مادة زائدة يقتضى إستهلاكها كما فى شكل (٢١١) .

١٠ — إذا إنتهى المنحنى بحيث كان آخر إحداثى سالبا دل ذلك على الحاجة إلى مادة يتحتم إقتراضها كما فى شكل (٢١٢) .

النقل المسموح والنقل الزائد

(Free Haul & Over Haul)

عند وضع شروط العطاء لاقامة أساس سكة حديد أو طريق مثلا تحدد مسافة النقل المسموح وهى المسافة التى ينقل فى حدودها المتر المكعب من الحفر إما يدويا أو بواسطة البلدوزرات ، فإذا زاد النقل عن هذه المسافة سمى بالنقل

الزائد حيث تنقل المادة بالعربات ويحدد سعر النقل الزائد على أساس سعر النقل المسموح مضافاً إليه تكاليف النقل عن كل ٥٠ متر زيادة أو أكثر حسب الإتفاق :

مسافة النقل المسموح (Free Haul)

المقصود بالنقل المسموح هو نقل الكمية بدون إستعمال العربات حيث تنقل الكميات من مناطق الحفر إلى مناطق الردم المجاورة لها مباشرة (من ا إلى ب في شكلى (٢٠٨ ، ٢٠٩) . ويتحدد طول النقل المسموح تبعاً لطريقة النقل ونوع مادة الحفر وكذا إتساع العملية وعادة تتراوح بين ١٠٠ إلى ٣٠٠ متر .

تعيين مسافات النقل الزائد :

ولتعيين مسافات النقل المسموح والنقل الزائد وكذلك مركز ثقل كل من كميتي الحفر والردم نتبع الخطوات التالية (أنظر شكل ٢١١) .

١ — إذا أنتهى المنحنى بأحداثى موجب (إستهلاك) نرسم من نهاية المنحنى (من نقطة ب) الخط ب ا موازياً المحور الأفقي ليقطع المنحنى فى (ا) ويكون هذا الخط (ب ا) هو محور الصفر وتكون المسافة العمودية (ب ك) هى قيمة الإستهلاك .

٢ — تحدد مسافة النقـــل المسموح بالخط حـ و حسب المواصفات أو ما يتفق عليه .

٣ — وبإسقاط و ، حـ على الخـــط ب ا تتحدد نقطتى $و_١$ ، $حـ_١$ وبتنصيف كل من و $و_١$ ، حـ $حـ_١$ فى $حـ_٢$ ، $و_٢$ نحصل على الخـــط $و_٢$ $حـ_٢$ ليقابل المنحنى فى هـ ، و .

٤ — النقطتان هـ ، و هما عبارة عن مركزى الكميتين ا حـ حـ١ ، ء و ب١ اللتان ستنقلان نقلا غير مسموح وبذا تكون المسافة هـ و هى مسافة النقل غير المسموح .

٥ — الكمية ا حـ حـ١ سوف تنقل من هـ إلى و لاتمام الردم .

٦ — مسافة النقل الزائد هى (هـ و — ء حـ) ومنها يمكن تعيين كمية النقل الزائد .

كمية النقل الزائد = الحجم حـ حـ١ × مسافة النقل الزائد .

٧ — لتحديد مسافة النقل الكلية ينصف الأحداثى الراسى من قمة المنحنى وحتى الخط ا ب ثم يرسم من نقطة المنتصف خط يوازى المحور فيقطع الجزء الأيمن من المنحنى فى نقطة هى مركز ثقل الردم ويقطع الجزء الأيسر من المنحنى فى نقطة ثانية هى مركز ثقل الحفر الذى يساوى الردم . المسافة الأفقية بين النقطتين هى مسافة النقل الكلية .

٨ — كمية الأتربة التى ستنقل نقلا مسموحا تعيين بالأحداثى الرأسى من قمة المنحنى وحتى ء حـ .

٩ — نقطة (ا) تحدد القطاع الفاصل بين الكمية المستهلكة من الحفر وبين الكمية التى ستستغل من الحفر فى عمليات الردم .

١٠ — لتحديد بعد مركز ثقل الكمية المستهلكة من بداية المشروع ينصف الأحداثى الرامى الواصل من نقطة (ا) وحتى المحور . ومن نقطة التنصيف نرسم خطا أفقيا يقطع المنحنى فى نقطة هى مركز ثقل الكمية المستهلكة وبالتالى يمكن حساب بعد هذا المركز عن البداية .

مثال :

حسبت كميات الحفر والردم على طول قطاع طولى لطريق مقترح وكانت كما هو مبين فى الجدول الآتى :

المسافة من أول المشروع (قدم)	الحفر (١٠٠ قدم^٣^)	الردم (١٠٠ قدم^٣^)
صفر		
	٢ر٠٠	
١٠٠		
	٧ر٦٠	
٢٠٠		
	١٦ر٨٠	
٣٠٠		
	٦ر٢٠	
٤٠٠		
	١ر٠٠	
		١ر١
٥٠٠		
		٣ر٥٠
٦٠٠		
		٦ر٠٠
٧٠٠		
		٧ر٨٠
٨٠٠		
		٦ر٩٠
٩٠٠		
		٤ر٠٠
١٠٠٠		
		١ر٢٠
١١٠٠		
١٢٠٠		

أرسم منحنى التوزيع الكلى وعين كمية الأتربة المستهلكة أو المقترضة ثم أوجد مسافة النقل الزائدة وكمية النقل الزائدة والنقل المسموح إذا كانت مسافة النقل المسموح بها هى ٣٠٠ قدم . حدد أيضا بعد القطاع الذى ينتهى عنده الاستهلاك أو يبتدئ عنده القرض عن بداية المشروع .

الحل

تحسب أولا إحداثيات المنحنيات من واقع المعطيات

المسافة	الكمية الكلية	المسافة	الكمية الكلية
صفر	صفر	٧٠٠	٣٩٩٠
١٠٠	٢٩٠ +	٨٠٠	٣٣٩٠
٢٠٠	١٠٥٠ +	٩٠٠	١٦١٠
٣٠٠	٢٧٣٠ +	١٠٠٠	٩٧٠
٤٠٠	٣٣٥٠ +	١١٠٠	٥٢٠
٥٠٠	٣٤٥٠ +	١٢٠٠	٤٠٠
٦٠٠	٣٣٤٠ +		

وشكل (٢١٦) يمثل المنحنى بعد رسمه . ومن واقع المنحنى نجد أن هناك أحداثى موجب عند نهايته أى أن هناك استهلاك وقيمته تساوى قيمة الأحداثى وعليه .

كمية الأتربة المستهلكة $=$ ٤٠٠ قدم^3

وكل من الممكن حساب مقدار الإستهلاك من الفرق بين كميتى الحفر والردم .

من نهاية المنحنى نرسم خط أفقى يقطع المنحنى فى نقطة (ا) فيكون هو خط الصفر .

نقطع المنحنى بخـــط أفقى بمسافة ٣٠٠ قدم وهى مسافة النقل المسموح به فتتحدد النقطتان حـ ، ء ثم نحدد النقطتين حـ١ ، ء١ على خط الصفر وبتنصيف المسافة حـ حـ١ ، ء ء١ نحصل على خط يوازى خـــط الصفر يقطع المنحنى فى نقطتين هـ ، و يمثلان مركزى الكميتين ا هـ هـ١ ، ا ء ء١ .

مسافة النقل غير المسموح = هـ و = ٨٨٠ — ٢٤٠ = ٦٤٠ قدم .

مسافة النقل الزائد = مسافـة النقل الكلية — مسافة النقل المسموح .

= ٦٤٠ — ٣٠٠ = ٣٤٠ قدم .

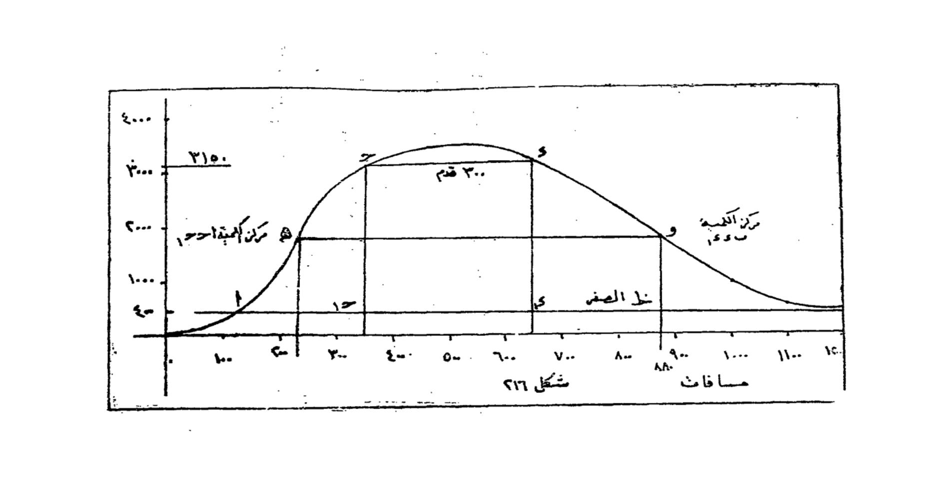
كمية النقـــل الزائد = الحجم × مسافة النقل الزائد

= الاحداثى حـ هـ١ × ٣٤٠ = ٩٣٥٠٠٠ قدم٢

= ٩٣٫٥ وحدة نقل

حيث وحدة النقل = نقل حجم قيمته ١٠٫٠٠٠ قدم٢ مسافة مقدارها قدم واحد .

بعد القطاع الذى يحدد نهاية الكمية المستهلكة عن بداية المشروع = ١٢٠ قدم


٤٠٠٠
٣٠٠٠
٣١٥٠
٢٠٠٠
١٠٠٠
٤٠٠
١٠٠
٢٠٠
٣٠٠
٤٠٠
٥٠٠
٦٠٠
٧٠٠
٨٠٠
٨٨٠
٩٠٠
١٠٠٠
١١٠٠
٣٠٠ قدم
مركز الكمية ا ح
مركز الكمية ب ى ى ا
خط الصفر
مسافات

شكل ٢١٦

مسائل

١ - كوم من الحجارة إرتفاعه ٧ متر وقاعدته على شكل شبه منحرف أبعاده هى ١٢ ، ٨ ، ١٠ متراً وقاعدته الأخرى على شكل شبه منحرف أيضاً أبعاده ١٤ ، ٥ ، ٨ مترا - عين حجم الكوم بطريقتين .

٢ - عين بأدق الطرق كمية الخرشانة اللازمة لاتمام قاعدة تمثال وجهها العلوى مثلث متساوى الأضلاع طول ضلعه ٤ متر وجهها السفلى مربع طول ضلعه ٦ متر وأحد أضلاعه يوازى أحد أضلاع المثلث ، وذلك إذا علم أن إرتفاع القاعدة سيكون ٤ متر .

٣ - قاعدة تمثال أرتفاعها ١٧ متر وقاعدتها السفلى شبه منحرف أبعاده ١٢ ، ٨ ، ٦ مترا والقاعدة العليا مستطيل ٦ × ٤ مترا - عين حجم هذه القاعدة بأدق الطرق

٤ - خزان من المياه مسقطة الأفقى مستدير وقطره الداخلى عند حافته العليا ٢٠ مترا - وسمك الجدار عند الحافة العليا ٦٠ سم وإرتفاع الخزان ٩ر٦ — أحسب حجم الحائط إذا كان الجدار الخارجى رأسى تماما والداخلى يميل ١ : ١٢ إلى الداخل إحسب أيضا أكبر كمية من المياه يمكن تخزينها به .

٥ - عند إنشاء طريق جديد عرضه ٩ متر أخذت ميزانية على محور المشروع المقترح فكانت النتائج كالتالى :

مسافة (متر) صفر ٥٠ ١٠٠ ١٥٠ ٢٠٠ ٢٥٠ ٣٠٠ ٣٥٠

منسوب (متر) ٣ر١٦ ٤ر٤٨ ٦ر٢٢ ٥ر٨٣ ٢ر٢٤ ٢ر٩٥ ٣ر٨٥ ٣ر٣١

مسافة ٤٠٠ ٤٥٠ ٥٠٠ ٥٥٠ ٦٠٠ ٦٥٠ ٧٠٠

منسوب ٢ر٩٦ ١ر٧٥ ٠ر٩٥ ١ر٣٤ ٢ر٢٨ ١ر٦٥ ٢ر٠٠

فإذا علم أن الطريق سيكون أفقيـــا حتى مسافة ٢٥٠ متر بمنسوب ٣ر١٥ انه سينحدر بعد ذلك إلى أسفل بمقدار ٨ر٠٪ ، أرسم قطاعا طوليا مبينا عليه سطح الأرض الطبيعيةوسطح الإنشاء

أحسب مكعبات الحفر والردم اللازمة لاتمام الطريق إذا علـــم أن الميـول الجانبية فى الحفر ٢ : ٣ وفى الردم ١ : ٢ .

٦ - يراد حساب مكعبات الحفر اللازمة لانشاء نفق مفتوح عرض قطاعة ١٨ متر وميولة الجانبية ٢ : ٥ - ولايجاد المناسيب على محـــور المشرع لسطح الأرض الطبيعية المزمع عمل النفق فيها أجريت ميزانية طولية فكانت القراءات على القامة كالآتى :

٠ر٣٥ — ٢ر٨٠ — ٣ر٨٥ — ٠ر٤٨ — ٧ر١٧ — ٢ر٦٤ — ٠ر٧٢
٢ر٦٨ — ١ر٠١ — — ٠ر٥٦

علما بأن الميزان رفع بعد القراءة الثالثة والسابعة وأن منسوب النقطة الخامسة على المحور هو ٣٤ر١٥م. وعند قياس المسافات بين النقط المختلفة على محـــور المشروع كانت المسافة بين النقطة الاولى والثانية على المائل هى ٢٦ر٠٥٠م ، وبعد القياس هوير الجنزير المستخدم فكان طوله الحقيقى ١٩ر٨٨ م ، وكانت

المسافات الأفقية بين النقط التالية هى نفس المسافة الأفقية الصحيحة بين الأولتين . أحسب مكعبات الحفر بالمتر المكعب علما بأن منسوب بداية النفق هو ١٦٫٠٥ مترا وأنه ينحدر الى أسفل بمقدار ٠٫٠٥ ٪ .

٧ — أرسم خطوط الكنتور لفترة قدرها مترا واحد من واقع نتائج ميزانية شبكية اذا كانت شبكة المربعات مكونة من مربعات أبعادها ٥٠×٥٠ مترا وكانت مناسيب الأركان كالآتى :

الصف الأول	١٫٣٠	٢٫٧٠	١٫٧٠	٢٫١٠
الصف الثانى	٣٫٥٠	٠٫٧٠	٢٫٨٠	٠٫٨٠
الصف الثالث	١٫٨٠	٣٫٩٠	٠٫٧٠	١٫٦٠
الصف الرابع	٣٫٥٠	٢٫٤٠	١٫٩٠	٣٫٦٠
الصف الخامس	٢٫١٠	٣٫٠٠	١٫٦٠	١٫٤٠

٨ — فى المسألة (٧) يراد تسوية هذه الأرض بإستعمال مناسيب الأركان فإذا كان منسوب التسوية هو (٢٫٠٠) فما هى كمية الحفر والردم اللازمه لذلك ؟

٩ — أستنتج الفرق فى النتـــائج لو أستخدمت فى عمليه التسوية خطوط الكنتور فى المسألة السابقه .

١٠ — قطعه أرض مستطيلة الشكل أبعادها ٨٠×١٢٠ مترا . وعملت لها ميزانيه شبكيه لأركان المربعات فكانت مناسيب الأركان كما يلى :

الصف الأول	٦٫٢٠	٥٫٢٠	٤٫٢٠	٣٫١٠
الصف الثانى	٥٫٤٠	٤٫٨٠	٤٫١٠	٢٫٠٠
الصف الثالث	٢٫٢٠	٢٫٨٠	٤٫١٠	٠٫٠٠

عين الخطوط الكنتور لفترة كنتورية مقدارها ١ متر مستعملا مقيـــاس ١ : ١٠٠٠ — وإذا أريد تسوية هذه المنطقة على منسوب (٣٫٠٠) فعين كمية الحفر والردم اللازمة لذلك .

١١ — فى المسألة السابقة إذا وصلت أقطار مربعات الشبكة بين النقط ذات فروق المنسوب الأقل — أحسب كميات الحفر الـــلازمة لتسوية المنطقة على منسوب (١٫٠٠) متر .

١٢ — المنطقة المبينة بالميزانية الشبكية فى المسألة رقم (٧) أحسب أرتفاع الحفر أو الردم عند النقط المختلفة إذا أريد هذه تسوية هذه القطعة بغـــرض أستصـــلاحها للزراعة بحيث تنحدر الأرض من الشمال إلى الجنوب إلى أسفل بمقدار ٠٫٥ ٪ . ومن الغرب إلى الشرق إلى أعلى بمقدار ٠٫٢ ٪

١٣ — أحسب لنفس قطعة الأرض المبينة مناسيب أركانها فى المسألة (٧) كميات الحفر وكميات الردم اللازمة لتسوية المنطقة لاستصلاحها للزراعة بحيث تصبح أفقية .

١٤ — المطلوب تسوية قطعة الأرض المبينة مناسيب أركانها فى المسألة (٨) بغرض أستصلاحها للزراعة بحيث تنحدر من الشمال إلى الجنوب إلى أعلى بمقدار ٠٫٣ ٪ و من الشرق الى أسفل بمقدار ٠٫٤٪ . عين مناسيب التسوية للنقط المختلفة وكذلك أرتفاعات الحفر والردم اللازمة عند كل نقطة .

١٥ — عند اجراء ميزانية شبكية بين رؤوس مربعات (٥٠×٥٠) كانت النتائج كالآتى :

الصف الأول	١٫٣٠	٢٫٧٠	١٫٦٠	٣٫١٠	٤٫٠٠	٥٫٧٠
الصف الثانى	٢٫٥٠	١٫٧٠	٢٫٦٠	٤٫٠٠	٥٫٨٠	٦٫٩٠
الصف الثالث	٢٫١٠	١٫٩٠	٤٫٠٠	٥٫٦٠	٧٫٣٠	
الصف الرابع	٢٫٤٠	٤٫٠٠	٤٫٦٠	٥٫٣٠	٥٫٠٠	
الصف الخامس	٤٫٠٠	٤٫٨٠	٥٫٢٠			

فاذا وصلت الأقطار التى بين النقط ذات فرق المنسوب الأقـــل فى هذه الشبكة ـ عين مناطق الحفر إذا أريد تسوية المنطقة على منسوب (+ ٤٫٠٠) أحسب أيضا كية الأتربة المطلوب نقلها من أو إلى الموقع لعمل التسوية المطلوبة

١٦ ـ قدرت المساحة داخل خطوط كنتور هضبة فكانت :

كنتور (٣٦) = ٩٠م٢ - كنتور (٣٤) = ١٤٠م٢ - كنتور (٣٢) = ١٧٠م٢
كنتور (٣٠) = ٢٢٠م٢ - كنتور (٢٨) = ٢٦٠م٢ - كنتور (٢٦) = ٣١٠م٢
كنتور (٢٤) = ٣٣٠م٢ - كنتور (٢٢) = ٤١٠م٢ - كنتور (٢٠) = ٤٤٠م٢

فإذا كان المطلوب هو تسوية الهضبة على منسوب (٢٩٫٠٠) مع عمل حوائط ساندة على امتداد خط كنتور (٢٠٫٠٠) إحسب كميات الأتربة المطلوبة نقلها من أو إلى الموقع لأجراء التسوية المطلوبة .

١٧ ـ عمل قطاع طولى لمشروع زراعى بين الكيلو ٤٣٫٠٠ والكيلو ٤٣٫٦٠٠ بين نقطتين ا ، ب وكانت الميزانية على مسافات متساوية وكانت قراءة القامة كالآتى :

١ر٩٢ - ١ر٩٧ - ٣ر٤٦ - ١ر٥٩ - ١ر٦٢ - ١ر٤٨ - ١ر١٢ - ١ر٤٤

١ر٥٧ - ١ر٩٦ - ١ر٨٩ - ٢ر٩٢ - ٢ر٠٣ - ٢ر٤٠ - ٢ر٨٥ - ٣ر٦٠ - ٣ر٤٠

فإذا كان الميزان قد نقل بعد النقط : الثالثة والخامسة والسابعة والتاسعة وأن منسوب النقطة الأولى هى (٢٢ر٦٠) وأن الطريق المقترح يبدأ من نقطة ١ وبميل ½ ٪ إلى أسفل ، وبمنسوب (٢٤ر٠٠) .

ارسم قطاعا طوليا مبينا عليه سطح الأرض الطبيعية وسطح الانشاء وكذلك مناطق الحفر والردم اللازمة لإتمام الطريق .

أحسب كميات الحفر والردم إذا كان عرض الطريق المقترح ١٠ متر وأن الميول الجانبية فى الحفر هى ٣ : ٢ وفى الردم ٢ : ٢ .

١٨ - أحسب الكميات اللازمة لتسوية قطعة الأرض المبينة مناسيب أركانها فى المسألة ١٥ إذا كانت التسوية ستتم بطريقة استصلاح الأراضى .

١٩ - حسبت كميات الحفر والردم بالمتر المكعب على طول قطاع الطريق مقترح وكانت كما هو مبين الجدول الآتى :

ارسم منحنى التوزيع الكمى وعين منه مقدار الأتربة المستهلكة أو المفترضة ثم عين كمية الأتربة التى سوف تنقل نقلا مسموحا به إذا كانت مسافة النقل المسموح هى ١٢٠ متر .

ماهى الكمية التى سوف تنقل نقلا زائدا . وما هى مسافة النقل الكلية لها ومسافة النقل الزائد حدد بعد مركز ثقل الكمية المستهلكة أو المفترضة عن بداية المشروع .

مسافة (متر)	حفر (م٣)	ردم (م٣)
صفر		
	٣٥٠	
١٠٠		
	٥٥٠	
٢٠٠		
	٧٠٠	
٣٠٠		
	٢٥٠	
٤٠٠		
		١٥٠
٥٠٠		
		٣٥٠
٦٠٠		
		٤٥٠
٧٠٠		
		٦٦٠
٨٠٠		

٢٠ ـ حسبت كميات الحفر والردم من واقع قطاعات عرضية مأخوذة كل ١٠٠ متر على محور طريق تحت الإنشاء فكانت :

القطاع	حفر (م٣)	ردم (م٣)	القطاع	حفر (م٣)	ردم (م٣)
صفر			٧٠٠		
	٦٠٠				١٥٠
١٠٠			٨٠٠		
	١٠٠				٤٥٠

القطاع	حفر(م٣)	ردم (م٣)	القطاع	حفر	ردم
٢٠٠			٩٠٠		
	١٧٠٠			١٠٠٠	
٣٠٠			١٠٠٠		
	٨٠٠			٢٥٠	
٤٠٠			١١٠٠		
		٤٠٠			١١٠٠
٥٠٠			١٢٠٠		
		٢٠٠٠			٢١٥٠
٦٠٠			١٣٠٠		
		١١٠٠			٦٥٠
٧٠٠			١٤٠٠		

ارسم منحنى التوزيع الكمى لهذه الكميات وضع عليه كميات النقل المسموح إذا كانت مسافة النقل المسموح ١٥٠ متر — حدد أيضا كميات القرض أو الاستهلاك وبعد مركز ثقلها عن بداية المشروع وكميات الأتربة التى ستنقل نقلا زائد ومراكز ثقلها ومسافات نقلها الكمى ونقلها الزائد .

الباب الثامن

المساحة بالتيودوليت

يستخدم جهاز التيودوليت فى كافة العمليات المساحية التى تحتاج إلى دقة كبيرة فى الأرصاد ، فهو يستعمل فى قياس زوايا المضلعات وتوقيع وتخطيط الأعمال المساحية الخاصية بالمنحنيات وفى كافة أعمال التخطيط والتوقيع . وسوف اقتصر فى هذا الباب على تناول جهاز التيودوليت واستعمالاته فى قياس الزوايا وكذلك على ترافرس التيودوليت .

التيودوليت

يستعمل جهاز التيودوليت فى قياس الزوايا سواء الأفقية والرأسية، وهو يعتبر من أدق الأجهزة المستعملة فى قياس الزوايا سواء أكانت فى المستوى الرأسى أو المستوى الافقى ، ولذلك فهو يستعمل فى كافة الأعمال المساحية التى تحتاج إلى دقة كبيرة مثل الأرصاد الفلكية والميزانيات الجيوديسية والشبكات المثلثية كما يستعمل فى قياس زوايا المضلعات بدرجاتها وأنواعها المختلفة وفى المساحة الطبوغرافية وكذلك لتوقيع المنحنيات وفى القياس التاكيومترى وكافة أعمال التخطيط والتوجيه الدقيق .

هذا ويمكن تقسيم التيودوليت إلى نوعين رئيسيين هما :

١ - التيودوليت ذو الورنية .　　　٢ - التيودوليت الحديث .

وسوف نقتصر فى هذا المجال على التيودوليت ذو الورنية .

وقبل تناول التيودوليت ذو الورنية لابد لنا من دراسة الورنيات حيث تعتبر جزءا أساسيا فى جهاز التيودوليت ذو الورنية .

الورنيات

الورنية عبارة عن مقياس مساعد مستقيم أو دائرى ينزلق على مقياس رئيسى وذلك لتحديد كسور صغيرة من وحدات المقياس الرئيسى بدقة تامة .

وتنقسم الورنيات إلى ثلاثة أنواع أساسية وذلك من حيث التصميم وهى :

١ - **ورنيات امامية** : وهى التى يكون تدريجها فى إتجاه تدريج المقياس الرئيسى .

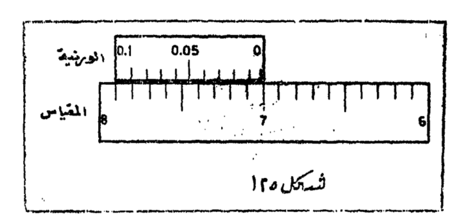
٢ - **ورنيات خلفية او عكسية** : وهى التى يكون تدريجها فى إتجاه مضاد لإتجاه تدريج المقياس .

٣ - **ورنيات مزدوجة** : وهى عبارة عن إزدواج من الورنيات الامامية التدريج كل منها عكس تدريج الآخر .

والنوع الأول هو الشائع الاستعمال وخصوصا فى الأجهزة المساحية مثل جهاز التيودوليت وتكون الورنية الامامية به على هيئة قوس من دائرة وكذلك جهاز البلانيمتر حيث توجد ورنيات مستقيمة لتحديد طول الذراع وقياس وحدات عجلة القياس .

الورنيات الامامية

نفرض أنه لدينا مقياس مقسم إلى وحدات رئيسية وكل وحدة مقسمة إلى عشرة أقسام صغيرة فيكون من السهل تعيين أى طول عليه بالوحدات الصحيحة وأجزائها العشرية ـ وإذا كان لدينا طول معين تقع نهايته داخل أحد الأقسام الصغيرة فلا يمكن فى هذه الحالة تعيين الطول المضبوط ـ وعندئذ لابد لنا من إستعمال الورنية كمقياس مساعد لتحديد هذا الطول تحديدا دقيقا وذلك بتعيين أجزاء من الأقسام الصغيره . فإذا أريد بيان أبعاد لغاية $\frac{1}{10}$ من الأقسام الصغيرة للمقياس فتنشأ ورنية بطول يساوى ٩ أقسام صغيرة ونقسم هذا الطول إلى ١٠ أجزاء متساوية شكل (١٢٥) .



شكل ١٢٥

فيكون كل جزء منها يساوى $\frac{9}{10}$ من أى قسم من الأقسام الصغيرة ويكون الفرق بين القسم الصغير على المقيـــاس والقسم من أقسام الورنية يساوى ١ — $\frac{9}{10}$ = $\frac{1}{10}$ من قسم المقياس وهذا يعرف بدقة الورنية .

وإذا تحركت الورنية على المقياس بحيث إنطبق القسم الأول من الورنية على القسم الأول من المقياس فإن صفر الورنيسة يكون قد تحرك $\frac{1}{10}$ من قسم

المقياس وعموما إذا تحركت الورنية حتى ينطبق القسم (هـ) منها على قسم من أقسام المقياس فإن الورنية تكون تحركت هـ × قسم الورنية ويكون لدينا

عدد أقسام الورنيه الحـــادث عندما الإنطباق = $\frac{\text{ما تقرأه الورنية}}{\text{دقة الورنيـة}}$

(٩٨) ...

مكان الإنطباق على المقياس = مايعنيه المقياس + عدد أقسام الورنية الحادث عندها انطباق × قيمة أصغر قسم للمقياس

(٩٩) ...

وبذا يمكن تصميم الورنية الأمامية على النحو التالى :

إذا كان طول أصغر قسم المقيـاس هو س ، وطـول أصغر قسم على الورنية هو ص ، وعدد أقسام الورنية هو ن فيـكون لدينا

ن ص = (ن — ١) س = طول الورنية

$$ص = \frac{(ن - ١)}{ن} س$$

وإذا كانت دقه الورنية و أى أصغر قراءة الورنية فيـكون

$$و = س - ص = س - \frac{(ن - ١)}{ن} س$$

$$و = س \left(١ - \frac{ن - ١}{ن} \right)$$

$$و = \frac{س}{ن} = \frac{\text{أصغر قسم على المقياس}}{\text{عدد أقسام الورنية}} \quad \ldots (١٠٠)$$

فى شكل (١٢٥) نجد أن أصغر قسم على المقياس = ١ر٠ ، عدد أقسام الورنية = ١٠ وتكون أصغر قراءة للورنية = $\frac{٠ر١٠}{١٠}$ = ٠ر٠١

وسوف نتعرض للحالات التالية فى المسائل المحلولة الآتية :

١ - تصميم ورنية لقراءة دقة معينة .

٢ - قراءة ورنية ما .

٣ - معرفة دقة ورنية ما .

أمثلة محلولة

مثال ١ :

إنشيء ورنيه تقرأ لغاية ٢٠ ثانية لإستخدامها مع مقياس قيمة أصغر أقامة ١٥ دقيقة ثم إرسم كلا من المقياس والورنية وبين عليها القراءة ٤٠" ٢٣' ٩٢° مع إعتبار نصف قطر المقياس والورنية مالا نهاية .

الحل

$$\text{أقل قراءة للورنية} = \frac{\text{أصغر قسم على المقياس}}{\text{عدد أقسام الورنية}}$$

$$٢٠'' = \frac{١٥'}{ن}$$

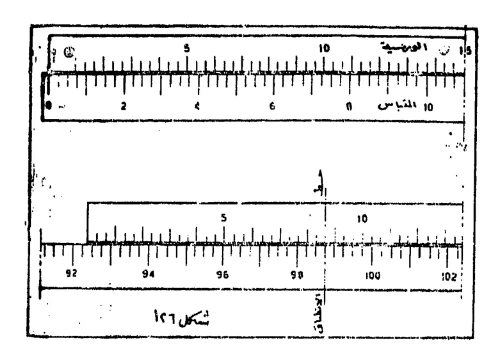
ن = $\frac{١٥ \times ٦٠}{٢٠}$ = ٤٥ قسما وهى تقابل ٤٤ قسما من أصغر أقسام المقياس

ـ ثم نقسم هذه المسافة إلى ٤٥ قسم كل قسم منها يقرأ ٢٠" كما فى شكل (١٢٦) ولبيان مكان الإنطباق على المقياس فنطبق القانون .

مكان الإنطباق على المقياس = مايعينه المقياس + عدد أقسام الورنية التى يحدث عندها الإنطباق × قيمة القسم على المقياس .

وفى المثال مايعينه المقياس هو ١٥ + ٩٢° فقط .

عدد أقسام الورنية التى يحدث عندها الإنطباق = $\frac{٤٠'' ٨'}{٢٠''}$



شكل ١٢٦

$$= \frac{٤٠'' + ٤٨٠''}{٢٠} = ٢٦ \text{ قسم}$$

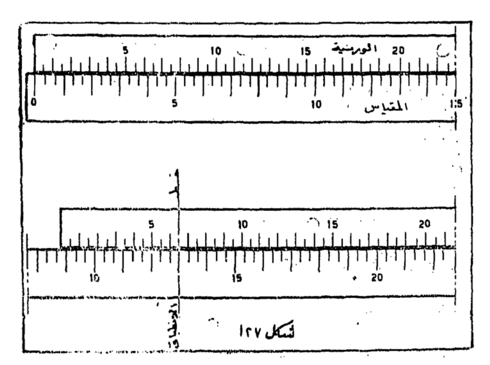
ويكون الانطباق على المقياس ١٥َ ٩٢ْ + ١٥َ × ٢٦

= ١٥َ ٩٢ْ + ٣٩٠َ

= ٤٥َ ٩٧ْ أنظر شكل (١٢٦)

مثال ٢ :

صمم ورنية دقتها ٥٠ ثانية لإستخدامها مع مقياس أصغر أقسامه يساوى ٢٠ دقيقة ثم أرسم كلا من المقياس والورنية وبين عليها القراءة ٣٠ً ٤٦َ ٨ْ .



شكل ١٢٧

أقل قراءة للورنية = أصغر قسم على المقياس / عدد أقسام الورنية

أقل قراءة للورنية = س / ن

٣٠ = ٢٠ ... ٦٠ / ن

∴ ن = ٤٠ وهو يقابل ٣٩ قسما من أقسام المقياس الرئيسية وقراءات كل من المقياس والورنية هى

قراءة المقياس ٠٠ً ٤٠َ ٨° قراءة الورنية ٣َ ٦ً

القراءة الكلية ٣٠ً ٤٦َ ٨° شكل (١٢٧)

مكان الانطباق على المقياس = ما يعنيه صفر الورنية على المقياس

+ عدد أقسام الورنية × قيمه أصغر قسم

على المقياس

= ٤٠َ ٨° + ١٣ × ٢٠َ

= ٤٠َ ٨° + ٢٦٠َ

= ١٣°   أنظر شكل (١٢٧) .

مثال ٣

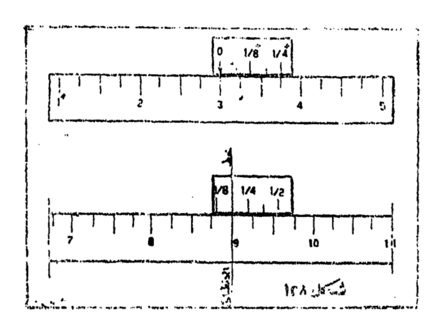
أنشىء ورنية أمامية تقرأ $\frac{١}{١٦}$ من البوصة وبين عليها القراءة $٨\frac{٧}{١٦}$ بوصة علما بأن المقياس مقسم إلى بوصات وربع البوصة .

الحل

أصغر قراءة على الورنية = $\frac{\text{أصغر قسم على المقياس}}{\text{عدد أقسام الورنية}}$ = $\frac{١}{١٦}$

$\frac{١}{١٦}$ = $\frac{١}{٤ ن}$ ومنها ن = ٤ أقسام

ويؤخذ عدد (ن — ١) = ٣ أقسام من أقسام المقياس الرئيسى شكل (١٢٨)



شكل ١٢٨

وتقسم إلى أقسام وتدرج بالقراءات صفر ، $\frac{١}{١٦}$ ، $\frac{٢}{١٦}$ ، $\frac{٣}{١٦}$ ، $\frac{٤}{١٦}$

ولتحديد قراءة الإنطباق على المقياس نطبق فى القانون

مكان الإنطباق على المقياس = مقدار القراءة على المقياس

+ عدد أقسام الورنية × قيمة أصغر قسم على المقياس

$$= ٨ \frac{٤}{١٦} + ٣ \times \frac{٤}{١٦} = ٨ \frac{١٦}{١٦}$$

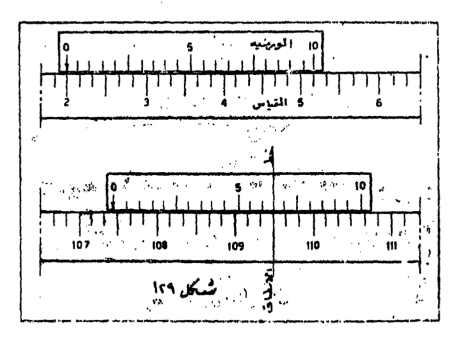
= ٩ بوصة أنظر شكل (١٢٨)

مثال ٤ :

فى شكل (١٢٩) المطلوب معرفة دقة الورنية والقراءة التى يعينها صفر الورنية

على المقياس علما بأن هذا المقياس مقسم إلى الدرجة وأجزاءها . عين أيضامكان الإنطباق على كل من الورنية والمقياس .

الحل



شكل ١٢٩

عدد أقسام الورنية = ٢٠ قسم   عدد أقسام المقياس = ١٩ قسم

أصغر قسم على الورنية = ١٠َ

دقة الورنيــة = $\frac{١٠َ \times ٦٠}{٢٠}$ = ٣٠ً

القراءة المطلوبة = ما يقرأ على المقياس + ما يقرأ على الورنية

= ٢٠َ ١٠٧° + ١٣ × ٣٠ً

= ٢٠َ ١٠٧° + ٣٠ً ٦َ = ٢٠ً ٢٦َ ١٠٧°

مكان الإنطباق على الورنية هو بعد ١٣ قسم من أقسام الورنية

مكان الإنطباق على المقياس = مقدار القراءة على المقياس

+ عدد أقسام الورنية × قيمة أصغر قسم على المقياس

= ٢٠َ ١٠٧° + ١٣ × ١٠ً = ٣٠َ ١٠٩°

التيودوليت ذو الورنية

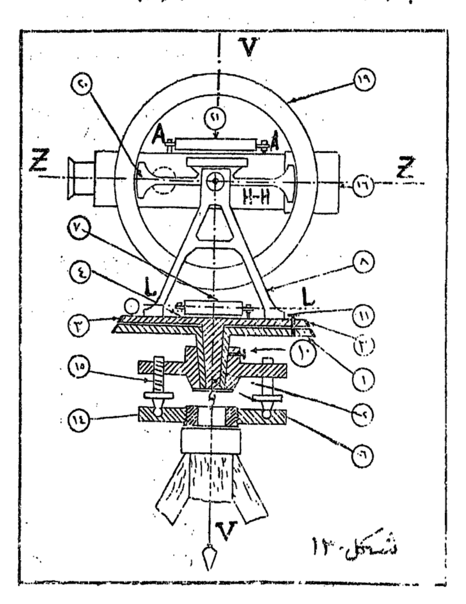
يستعمل التيودوليت ذو الورنية فى الأعمال التى تتطلب دقة عالية ووظيفته الأساسية هو قياس الزوايا فى المستويين الأفقى والرأسى وذلك بجانب إستعماله فى الأغراض الأخرى المتعددة والتى سوف نتناولها تباعا .

ويثبت الجهاز عند الإستعمال فوق حامل ثلاثى مثل حامل الميزان غير أنه يمتاز عليه بوجود حركة إنزلاق أفقيـة برأس الحامل والغرض منها هو إمكان جعل الجهـاز مقسامت تمـاما فوق النقطة التى تمثل رأس الزاوية المطلوب تعيين قيمتها . والوصول إلى ذلك نحمـل الجهاز بالتقريب فى وضع رأسى فوق هـذه النقطة ثم نحرك الحامل حركة دائرية وإنتقالية حتى يقسامت المحور الرأسى للجهاز فوق الوتد بينما تكون قاعده الجهاز أفقية بالتقريب ويكون خيط الشاغول فوق النقطة تماما .

اجزاء الجهاز

يتكون الجهاز من ثلاثة أجزاء رئيسية شكل (١٣٠) هى :

ـ الجزء العلوى ويسمى بالاليداد ويشمل المنظار (١٦) وحاملة (٨) والمحور الأفقى للمنظار. وعلى أحد الحوامل تثبت الدائرة الرأسية (١٩) وميزان التسوية الخاص بها (٢١) وورنيتان لقراءة الدائرة الرأسية (٢٠)



شكل ١٣٠

ب ـ الجزء السفلي ويسمى بالقاعدة (١٤) ويتبعه مسامير التسوية الثلاثة (١٠)
حـ ـ الدائرة الأفقية (١) وتوجد وسط الجهاز بين الاليداد والقاعدة

ولكى نعين قيمة الزاوية الأفقية ا ب حـ مثلا نقف بالجهاز فى رأس الزاوية أى فى النقطة (ب) ونرصد طرف الزاوية الأيسر (ا) بحيث تكون قراءة الدائرة الأفقية صفرا ثم ندير منظار الجهاز ناحية اليمين ونرصد طرف الزاوية الثانى (حـ) فتكون القراءة الأخيرة على الجهاز هى قيمة الزاوية المطلوبة قياسها ويمكن قراءتها الدائرة الأفقية عند التوجه على (ا) بحيث لا تكون صفرا وتكون قيمة الزاوية المطلوب قياسها هى فرق القراءتين عند ا ، حـ

وللجهاز خمس محاور رئيسية وهى كما فى شكل (١٣٠) :

١ — المحور الرأسى لدوران الجهاز V—V .

٢ — المحور الأفقى لدوران المنظار H—H .

٣ — محور المنظار الطولى أى خط الانطباق Z—Z .

وهو يتحرك فى المستوى الرأسى حول المحور H—H ويضم الخطوط الآتية :

ا — المحور الهندسى للمنظار .

ب — خط النظر وهو خط الواصـــــل بين مركز العدسة الشيئية ونقطة تقاطع الشعرات .

حـ — المحور البصرى : وهو الخط الواصل بين مركز العدسة الشيئية ومركز العدسة العينية .

ويجب أن تنطبق هذه المحاور الثلاثة ا ، ب ، جـ لتكون محور المنظـــار العمودى أو خط الانطباق Z.Z

٤ ـ محور ميزان التسوية الخاص بالدائرة الأفقية L.L .

٥ ـ محور ميزان التسوية الخاص بالدائرة الرأسية A.A .

وصف الجهاز

المنظار : أغلب المناظير الحديثة تتكون من أنبوبة واحدة لها ثلاث عدسات شيئية وأخرى عينية والثالثة تسمى بعدسة التطبيق ويكون عملها تطبيق الصورة على حامل الشعرات (راجع المناظير المساحية فى باب الميزانية) وتتصل بالمنظار عند أحد جانبية الدائرة الرأسية (٩) وهى تدور معه وحول محوره الافقى H.H .

وإذا كانت هذه الدائرة إلى يمين الراصد فيقال أن الجهاز (متيامن) .

أما إذا كانت إلى يساره فيقال أن الجهاز (متياسر) .

ويرتكز المحور الأفقى لدوران المنظار على حاملين ثابتين (٨) ومتساويين فى الارتفاع تماما .

الدائرة الافقية : تتركب من قرص معدنى مشطوف الحافةومقسم بالدرجات الستينية فى إتجاه عقرب الساعة أى من صفر إلى ٣٦٠° ويسمى الجهاز بقطر دائرته مقدرا بالبوصات . وفى الغالب تكون الدائرة الأفقية مغطاه بغلاف يتصل بالايداد لحفظها من المؤثرات الجوية أما فى منطقة الورنيات فتغطى بالزجاج وتتصل الدائرة الافقية اتصالا ثابتا ومتعامدا مع المحور V.V .

ويثبت بالغلاف المعدنى المغطى للدائرة الأفقية ورنيتسان (٣)؛ ويشترط أن يمر الخط الواصل بين صفر بهما بمركز الدائرة الأفقية تماما .

ومقدار أصغر قسم على الدائرة الأفقيــة يتراوح بين ٣٠ ، ٢٠ ، ١٠ دقيقة حسب نصف قطر للدائرة ، ولتعيين القراءات الأصغر من ذلك تستعمل الورنية فتصل القراءة إلى ٣٠ ، ٢٠ ، ١٠ ثوانــى .

قاعدة التيودوليت : هى الجزء الثابت من الجهاز وتتكون من طبقتـين من المعدن يصل بينهما ثلاث مسامير للتسوية (١٥) الغرض منها إعـــداد الجهاز فى وضع أفقى تماما — وتتصل الطبقة من أسفل بالحامل ومن أعلى بالغلاف الخارجى لمحور الجهاز (٦) ويتعلق خيط الشاغول فى الجزء الأسفل من القاعدة على امتداد المحور الرأسى V.V لضبط عملية التسامت .

ضبط جهاز التيودوليت :

يجب أن توفر الشروط التالية قبل استعمال الجهاز الرصد .

١ ـ **شروط مؤقتة** : ويقصد بها الضبط المؤقت للجهاز .

٢ ـ **شروط دائمة** : ويقصد بها الضبط الدائم عندما يراد إستعمال الجهاز أو عند استعماله لأول مرة وسوف لانتعرض لهذه الشروط الدائمة .

وسنكتفى بالشروط المؤقتـــة وهى الضبط المؤقت للتيودوليت ويتم هـــذا الضبط قبل أستعمال الجهاز للرصد .

الضبط المؤقت للجهاز ويشمل :

١ ـ **عملية التسامت** : ويقصد بها وضع الجهاز فوق النقطة (رأس الزاوية)

المراد قياسها ويتم ذلك بواسطة خيط الشاغول والحركة المحورية للجهاز مع استعمال الحامل وتحريكه وكذا تحريك الجهاز على قاعدته . إذ أن الجهاز يمكن أن ينزلق على الحامل فى حركة أفقية كما ذكرنا .

ب — **افقية الجهاز** : ويقصد بها جعل ميزان التسوية الخاص بالدائرة الأفقية أفقى تماما . ولحدوث ذلك تستخدم مسامير التسوية الثلاث كما فى حالة الميزان تماما (أنظر الضبط المؤقت للميزان واللوحة المستوية) .

حـ — **التطبيق** : ويقصد به تصحيح خطأ الوضع أى تطبيق الصورة على مستوى حامل الشعرات ويتم ذلك بتحريك العدسة العينية حتى ترى الشعرات واضحة تماما وبتحريك مسمار التطبيق حتى نرى الصورة أوضح ما يمكن .

قياس الزوايا الافقية :

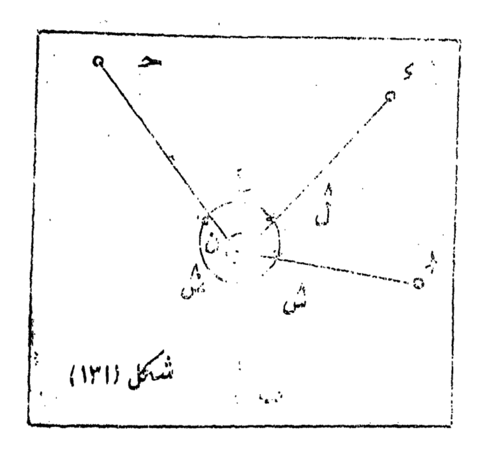
يتم قياس الزوايا الأفقية بإحدى الطرق الآتية :

١ — طريقة الزوايا الفردية

لقياس الزوايا الأفقية حـ ن ء نضع الجهاز متسامتا فوق النقطة ن شكل (١٣١) ثم نجعله أفقيا ونحرك الأليداد فوق الدائرة وهو متسامن حتى ينطبق صفر الورنية (ا) على صفر المقياس بالتقريب فنربط مسمار الحركة السريعة بين الأليداد والدائرة الأفقية (١١) ونستعمل مسمار الحركة البطيئة حتى ينطبق الصفران بالضبط (وينطبق كذلك صفر الورنية (ب) على ١٨٠° ، إذا كان الجهاز مضبوطا) بعد ذلك نحرك الأليداد وهو مازال مثبتا مع الدائرة الأفقية

وتوجه المنظار نحـــو نقطة حـ بالتقريب ثم نربط مسمار الحركة السريعة بين الدائرة الأفقية والقاعدة ، وكذلك نربط مسمار الحركة السريعة للمنظار في حركته الرأسية ثم نحرك مسمارى حركتهما البطيئة حتى ينطبق تقاطع الشعرات في المنظـار على النقطة م بالضبط ، ثم ندون قراءتى الورنيتين حيث يجب أن تكون قراءة الورنية (ا) = صفرا ويسمى الجهاز في هذا الوضع بأنه موجه توجيها أساسيا. بعد ذلك نفك مسمار الحركة السريعة بين الأليدات والدائرة الأفقية ونحـرك المنظار حركة أفقية في إتجاه دوران عقرب الساعة إلى أن نرصد نقطة ى ونـدون قراءتي الورنيتين .

تغير وضع المنظار من التيامن إلى التياسر عند ى ويتم ذلك بدوران المنظـار حول محوره الأفقى ١٨٠° ودوران الجهـــاز حول محوره الرأسى ١٨٠° حتى



شكل (١٣١)

نواجه الشيئية النقطة ء مرة أخرى ونبدأ برصد ء ثانية والجهازمتياسر ونلاحظ أن الورنية ا . وف تختلف فى القراءة عن الوضع الأول بمقـــدار ١٨٠° وبعد ذلك نحرك المنظار حركة أفقية ضد دوران عقرب الساعة ونرصد النقطة حـ وندون القراءة للورنيتين .

وتكون قيمة الزاويه هى متوسط الوضعين المتيـــامن والمتياسر (أنظر الجدول) . وهو أبسط أنواع الجداول التى ترصد فيها الزوايا الأفقية ويسمى بجدول الزوايا المنفردة .

نقطة الرصد	النقطة المرصودة	الجهاز متيامن: ورنية ا	الجهاز متيامن: ورنية ب	الجهاز متياسر: ورنية ا	الجهاز متياسر: ورنية ب	المتوسط	الزاوية
		° ′ ″	′ ″	° ′ ″	′ ″	° ′ ″	° ′ ″
ن	حـ	٠٠ ٠٠ ٠٠	٠٠ ٥٠	١٨٠ ٠٠ ٠٠	٠٠ ٣٠	٠٠٠٠ ٢٠	٤٦° ٣٢′ ١٠″
	ء	٤٦ ٣٢ ٤٠	٣٢ ٥٠	٢٢٦ ٣٢ ٠٠	٣٢ ٣٠	٤٦٣٢٣٠	

وتوجد أنواع كثيرة من الجداول لتدوين قيم الأرصاد المأخوذة وحساب الزوايا الأفقية — وغالبا ماتقاس أكثر من زاوية أفقية واحدة محصورة بين عدة أتجاهات ويمكن قياس ل ، س بنفس الطريقة السابقة .

٢ — طريقة الاتجاهات

إذا كان لدينا أتجـــاهات أربعة ن حـ ، ن ء ، ن ا ، ن ب وكلها

منفرعة من نقطة (ن) شكل (١٦١) وتنحصر بينها الزوايا ع ، ل ، س ، ص فتتبع نفس الخطوات السابقة المتبعة فى قياس الزاوية المنفردة ولكننا فى هذه الحالة نعتبر أن جميع الأشعة إلى حـ ، و ، د ، ا مرتبطة ببعضها كمجموعة واحدة ونفرض لهـا خطا أساسيا نبتدىء منه الرصد وليكن ن حـ فيوجه التيودوليت توجيها أساسيا عند أول اتجاه وليكن ن حـ وهو متيامن (قراءة الورنية ا تقريبا صفر انطباق تقاطع الشعرات فى المنظار على النقطة المرصودة حـ) بعد ذلك نفك مسمار الحركة السريعة بين الأليداد والدائرة الأفقية ونحرك المنظار حركة أفقية فى إتجاه دوران عقرب الساعة إلى أن نرصد النقطة و وندون قراءتى الورنيتين — ثم نحرك المنظار مرة أخرى حركة أفقية فى اتجاه دوران عقرب الساعة إلى أن نرصد النقطة ا وندون كذلك قراءتى الورنيتين ونكرر العمل بأن نرصد النقطة ب ثم حـ ونغير بعد ذلك وضع المنظار من التيامن إلى التياسر ونحن عند الوضع الأخير حـ وهو الاتجاه الذى بدأنا منه ويتم ذلك بدوران المنظار حول محوره الأفقى ١٨٠° ودوران الجهاز ١٨٠° حول محوره الرأسى حتى تواجه الشيئية النقطة حـ مرة أخرى — ونبدأ برصد النقطة حـ ثانية والجهاز متياسر . ونلاحظ أن الورنية ا سوف تختلف فى القراءة عن الوضع الأول بمقدار ١٨٠° — وندون القراءة عند حـ ، نحرك المنظار حركة أفقية ضد دوران عقرب الساعة ونرصد النقطه ب ثم ا ، و وأخيرا نرصد النقطة حـ ثانية وفى كل مرة ندون قراءتى الورنيتين ا ، ب ... ونحسب متوسط الاتجاهات وهو متوسط للأربع قراءات للورنيات .

ونلاحظ هنا أننا قفلنا الأفق أى رصدنا النقطة الأولى حـ التى بدأنا منها وذلك للتحقيق من عودة صفر الورنية إلى المقياس فإذا كان الخطأ صغيراً

ومسموحا به يقسم على الإتجاهات المقاسة وإلا فيعاد الرصد من جديد أى أننا نضع شرطا هنا وهو أن مجموع الزوايا ع ، ل س ، هو ٣٦٠° .

ونلاحظ أن التدوين فى الجدول يكون من أعلى إلى أسفل فى التيامن ومن أسفل إلى أعلى فى التياسر . مع ملاحظة أننا لم نفك المسمار السفلى المربوط طول رصد الوجهين .

والغرض من أخذ القراءات المختلفة (متيامن متياسر) هو الحصول على قيم متوسطة وهى أفضل قيمة للزواياالمرصودة إذا أن أختلاف الوضعين المتيامن والمتياسر يلغى أخطاء كثيرة دائمة فى الجهاز ، وللاغلب ايضا على أخطاء التدريج بالجهاز فتؤخذ القراءات على أقواس مختلفة من الدائرة الأفقية (صفر° ، ٩٠) والجدول يبين مثال لطريقة تدوين الأرصاد وحساب الزوايا ع ، ل ، س ، ص (شكل ١٢١) المحصورة بن الإتجاهات ع ، و ، ز ، ب ونلاحظ من الجدول مايلى .

١ — عمود (٣) أخذنا متوسط قراءات الورنيات الأربعة لكل إتجاه .

٢ — فى عمود (٣) أخذنا متوسط الاتجاهات من القوسين وكان الاتجــــاه الأخير عند القفل هو ٢٠″ . ′ . ٣٦٠° بينما يجب أن يكون ٣٦٠ ° وبذلك يكون خطأ القفل فى الأفق أى بين الاتجاهات هو ٢٠″ ثانية .

ويكون تصحيح كل الأول زاوية $= \frac{-20''}{4} = -5''$

فيصحح الاتجاه الاول بمقدار —٥″ والثانى بمقــــدار —١٠″

والثالث بمقدار —١٥″ والاتجاهات الصحيحة مبينه فى العمود (٤)

٣ — الزوايا الصحيحة مبينة فى عمود (٥) ومجموعها ٣٦٠° ويمكن الحصول عليها بطرح كل إتجاه من الذى يليه .

وهناك أجهزة تيودوليت حديثة تعطى مباشرة القيم المتوسطة لقراءتى الورنيتين بدلا من أخذ قراءة كل منهما على حدة وفى هذه الحـــاله تندمج الخانتين (قراءة ورنية ا ، قراءة ورنية ب) فى خانة واحدة تكتب فى كل منها قراءة الجهاز .

النقطة	متيامن ورنية ا	متيامن ب	متياسر ورنية ا	متياسر ب	(١) متوسط	(٢) الاتجاهات	(٣) متوسط الاتجاهات	الاتجاهات المصححة	الزوايا المصححة
	° ′ ″	′ ″	° ′ ″	′ ″	° ′ ″	° ′ ″	° ′ ″	° ′ ″	° ′ ″
حـ	٠٠ ٠٠ ٠٠	٠٠ ٣٠	٨٠ ٠٠ ٠٠	٠٠ ٣٠	٠٠ ٠٠ ١٥	٠٠ ٠٠ ٠٠	٠٠ ٠٠ ٠٠	٠٠ ٠٠ ٠٠	٢٣ ١٧ ٠٥
ء	٢٣ ١٧ ٣٠	١٧ ٠٠	٢٠٣ ١٧ ٠٠	١٧ ٣٠	٢٣ ١٧ ١٥	٢٣ ١٧ ٠٠	٢٣ ١٧ ١٠	٢٣ ١٧ ٠٥	٤٣ ٢٦ ٥٥
ا	٦٦ ٤٤ ٠٠	٤٤ ٣٠	٢٤٦ ٤٤ ٣٠	٤٥ ٠٠	٦٦ ٤٤ ٣٠	٦٦ ٤٤ ١٥	٦٦ ٤٤ ١٠	٦٦ ٤٤ ٠٠	٤٢ ١٣ ٥٧ر٥
ب	١٠٨ ٥٨ ٠٠	٥٨ ٣٠	٢٨٨ ٥٨ ٠٠	٥٨ ٣٠	١٠٨ ٥٨ ١٥	١٠٨ ٥٨ ٠٠	١٠٨ ٥٨ ١٢ر٥	١٠٨ ٥٧ ٥٧ر٥	٢٥١ ٠٢ ٠٢ر٥
حـ	٠ ٠٠ ٥٠	٠٠ ٤٠	٠٠ ٠٠ ٤٠	٠٠ ٥٠	٠٠ ٠٠ ٤٥	٠٠ ٠٠ ٣٠	٠٠ ٠٠ ٢٠	٠٠ ٠٠ ٠٠	
حـ	٤٥ ٠١ ٠٠	٠١ ٤٠	٢٢٥ ٠١ ٠٠	٠١ ٢٠	٤٥ ٠١ ١٥	٠٠ ٠٠ ٠٠			٣٦٠ ٠٠ ٠٠
ء	٦٨ ١٨ ٤٠	١٨ ٥٠	٢٤٨ ١٨ ٢٠	١٨ ٣٠	٦٨ ١٨ ٣٥	٢٣ ١٧ ٢٠			
ا	١٠١ ٤٥ ١٠	٤٥ ٣٠	٢٩١ ٤٥ ٣٠	٤٥ ١٠	١٠١ ٤٥ ٢٠	٦٦ ٤٤ ٠٥			
ب	١٥٤ ٠٠ ٠٠	٠٠ ١٠	٣٣٣ ٥٩ ٤٠	٥٩ ٥٠	١٥٣ ٥٩ ٤٠	١٠٨ ٥٨ ٢٥			
حـ	٤٥ ٠١ ٢٠	٠١ ١٠	٢٢٥ ٠١ ٣٠	٠١ ٤٠	٤٥ ٠١ ٢٥	٠٠ ٠٠ ١٠			

توقيع الزاوية الافقية

غالبا مايطلب توقيع وتعيين إتجاه معين يصنع مع إتجاه ثابت آخر زاوية أفقية محددة . فاذا كان لدينا الاتجاه ا حو مثلا ويراد تعيين إتجاه حو يصنع مع ا حو زاوية أفقية مقدارها ٣٠ً ٢٧َ ٣٦° . لذلك نتبع الخطوات الآتية :

١ — نسامت الجهاز فوق النقطة حو ونضبط الجهاز ضبطا مؤقتا

(التسامت الأفقيــة التطبيق) ، ونوجه التيودوليت توجيها أساسيا على النقطة ا (أى نجعل صفر احدى الورنيتين منطبقا على صفر الدائرة (الافقية) .

ويتم هذا كما سبق بمسامير المجموعة السفلى

٢ — نفك مسمار الحركة الأفقية من المجموعة العليا وندير المنظار ونلاحظ الورنية حتى نأتى إلى وضع قريب من الزاوية المطلوب توقيعها — وعند ذلك يربط مسمار الحركة الأفقية السريعة ونلف مسمار الحركة البطيئة من المجموعة العليا حتى تقرأ الزاوية المطلوب توقيعها بالضبط .

٣ — يتحرك شخص معه شاخص وشوكة إتجــاه المنظار حتى تظهر صورة الشاخص بداخــل المنظار ثم تحرك بدلا من الشاخص شوكة حتى تظهر نهايتها السفلى عند تقاطع الشعرات .

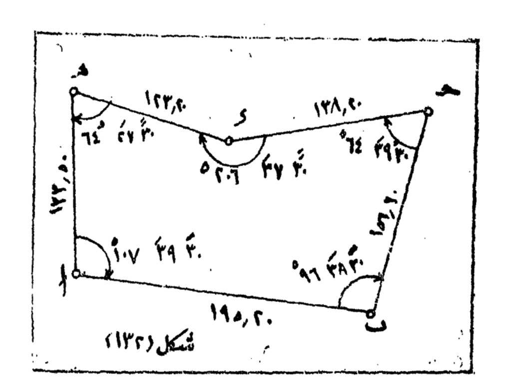
٤ — يمكن تحريك المنظار حركة رأسية لرصد الشوكة ويجب عدم تحريك أو لمس مسامير الحركه الأفقية من المجموعتين أثناء عملية التوقيع .

ترافرس التيودوليت

سبق أن تعرضنا لتعريف الترافرس (المضلع) وأنواعه فى باب المضلعات والبوصلة وأوردنا شرحا مفصلا لترافرس البوصلة ، وعند القيام بالأعمال المساحية الدقيقة فإننا نلجأ إلى ترافرس التيودوليت ، وهو يختلف عن ترافرس البوصلة فى أرصاده حيث يستخدم التيودوليت فى قياس زوايا الترافرس مباشرة ويستخدم الشريط الصلب أو القياس التاكيومترى فى تحديد أطوال المضلع ويقاس كل طول فى المضلع مرتين على الأقل ذهابا وإيابا وسنقتصر هنا على نوع واحد من الترافرسات وهو الترافرس المقفل ، هذا وقد سبق تعريفه كما توجد أنواع أخرى من المضلعات وهى الترافرس الموصل والترافرس المفتوح وشبكات الترافرسات . وأرصاد الترافرس المطلوبة دائما هى :

١ - قياس زوايا الترافرس ٢ - قياس أطوال الأضلاع

والمطلوب دائما هو تحديد الأحداثيات الصحيحة لنقط الترافرس . ويتم قياس الزوايا بواسطة جهاز التيودوليت وتقاس دائما فى إتجاه تسمية الترافرس سواء أكانت الزوايا المقاسة الداخلية أو الخارجية ففى شكل (١٣٢) لدينا الترافرس ا ب حـ ء هـ وتسميته ضد عقرب الساعة لذلك نجد أن الزوايا المقاسة هى الداخلية : هذا ويتم قياس الزوايا بطريقة الزوايا المنفردة فى الوضعين المتيامن والمتياسر .



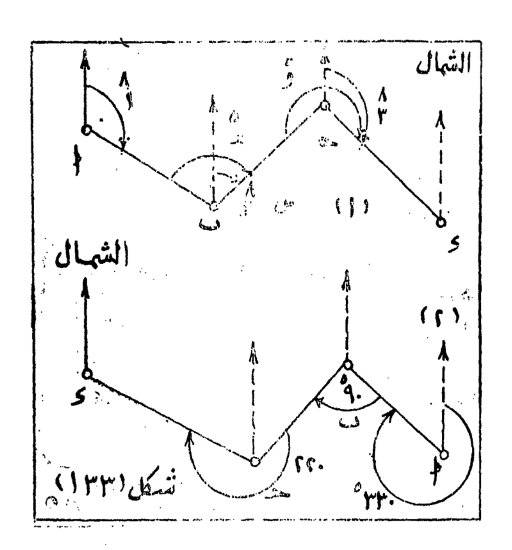
تحديد انحراف الأضلاع :

للحصول على إحداثيات نقط الترافرس فيجب أن تحول الزوايا المقاسة بعد تصحيحها إلى انحرافات بمعلومية انحراف أحد أضلاع المضلع ومثالا لذلك نفرض أنه لدينا المضلع ا ب حـ ى وقد قيست الزوايا عند ب ، حـ ، ى ، هـ ، و وكذلك انحراف الخط ا ب ($\hat{ا}$) ولتعيين انحرافات الخطوط ب حـ ، حـ ى لدينا فى شكل (١٣٣ - ١)

انحراف ب حـ = انحراف ا ب — س

= انحراف ا ب — (١٨٠ — هـ)

= انحراف ا ب + هـ — ١٨٠°



شكل (١٣٢)

وعمــــوما

انحراف ضلع ما = انحراف الضلع المعلوم + الزاوية من الضلع المعلوم انحرافه إلى الضلع المطلوب فى إتجاه عقرب الساعة ± ١٨٠

... (١٠١)

وفى شكل (١٣٢ - ٢) إذا كان انحراف أ ب هو ٢٣٠

والزاوية ب = ٩٠° ، حـ = ٢٢٠° فيكون

انحراف ب حـ = انحراف ا ب + ٩٠ − ١٨٠°

= ٢٣٠ + ٩٠ − ١٨٠ = ٢٤٠°

، انحراف حـ ء = انحراف ب حـ + ٢٢٠ − ١٨٠°

= ٢٤٠ + ٢٢٠ − ١٨٠ = ٢٨٠°

وإذا كان إنحراف اب = ٢٥° والزاوية ب = ٤٥° والزاوية حـ = ١٤٠°

فيكون

إنحراف ب حـ = ٢٥ + ٤٥ − ١٨٠ = ٢٥٠°

إنحراف حـ ء = ٢٥٠ + ١٤٠ − ١٨٠ = ١٢٠°

حساب الترافرس

خطوات حساب الترافرس المقفل هى

١ ـ تصحيح زوايا الترافرس : ويتم ذلك برسم كروكى للترافرس وموضحا عليه أطوال الأضلاع وقيم الزوايا المرصودة ـ ثم حساب خطأ القفل فى الزوايا حيث أنه فى أى مضلع مقفل يجب أن يكون :

مجموع الزوايا الداخلية أو الخارجية = (٢ن ∓ ٤) ٩٠°

حيث ن = عـــدد زوايا المضلع ويتم إيجاد الخطأ فى الزاوايا من مجموع الزوايا المرصودة ومقارنتها بما يجب أن تكون ، بعد ذلك تصحيـــح الزوايا بتوزيع هذا الخطأ على زوايا المضلع بالتساوى،بشرط أن يكون مسموحا به،والخطأ المسموح به فى أى مضلع بالثوالى هو

الخطأ المسموح به بالثوالى = ٧٠ث $\sqrt{}$
أو = ضعف دقة الورنية $\sqrt{ن}$

... (١٠٣)

أما إذا ذاد الخطأ عن المقدار المسموح به فيجب إعادة العمل كلية أو إعادة رصد الزوايا المشكوك فيها .

٢ - حساب أنحراف الاضلاع

ويتم ذلك بمعلوميه انحراف أحد أضلاع المضلع وزواياه المصححة . ومن واقع الانحرافات الدائرية تستنتج الانحرافات المختصرة.

٣ - حساب موكبات لاضلاع

وقد سبق الكلام عنها فى ترافرس البوصلة وتحسب أطوال المركبات الافقية والرأسية من المعادلات الاتية :

المركبة الرأسية للضلع = طول الضلع .جتا الانحراف المختصر
المركبة الأفقية للضلع = طول الضلع. جا الانحراف المختصر

... (١٠٤)

وتختلف الاشارات لها حسب الربع الذى يقع فية الضلع كما سبق أن ذكرنا فى مضلع البوصلة .

٤ – حساب خطأ القفل فى المركبات

فى المضلعات المقفلة يجب أن يكون المجموع الجبرى لكل من المركبات الأفقية والرأسية مساويا صفر – لذلك نحسب كل من المقدارين ٤ س ، ٤ ص. وإذا فرض أن :

٤ س = △ س ، ٤ ص = △ ص فتكون هذه الكميات هما المركبة الأفقية والرأسية لخطأ القفل على التوالى ويكون مقدار خطأ القفل مساويا :

$$\text{خطأ القفل} = \sqrt{(\triangle \text{س})^{2} + (\triangle \text{ص})^{2}} \quad \dots (١٠٥)$$

$$\text{نسبة خطأ القفل} = \frac{\text{خطأ القفل}}{\text{مجموع أطوال المضلع}} \quad (١٠٦)$$

هذا ويجب أن لاتتعدى نسبه خطأ القفل عن مقدار معين فمثلا فى ترافرسات المدن فإن الخطأ المسموح به هو $\frac{١}{١٠٠}$ وهناك معادلة تختص بالمضلعات فى الأراضى الزراعية :

$$\text{الخطأ المسموح به بالسم} = ٢٥ + ٣١ر٠ \text{ ل} + ١٣ر١ \sqrt{\text{ل}}$$

(١٠٧) ...

حيث ل = طول محيط الترافرس بالمتر .

وإذا تجاوز خطأ القفل قيمته فيجب إعادة قياس أطوال المضلع أو المشكوك فيهـــا .

٥ ـ توزيع خطأ القفل فى المركبات وحساب المركبات المصححة

هناك عدة طرق يمكن بواسطتها توزيع خطأ القفل وسنكتفى هنا بطريقة (بودتش) وهى طريقة عامة مستخدمة دائما فى ترافرس التيودوليت وقد سبق لنا التعرض لها فى مضلعات البوصلة (راجع باب البوصلة) .

٦ ـ احداثيات نقط المضلع

يتم حساب إحداثيات النقط بالنسبة لمحورين متعامدين أحدهما شمالا ـ جنوبا ويعتبر محور الصادات والآخر شرقا ـ غربا ويعتبر محور السينات وباعتبار أن نقطة الأصل هى إحدى نقط المضلع فيمكن بالجمع الجبرى للمركبات الحصول على الإحداثيات الكلية لنقط المضلع .

٧ ـ توقيع المضلع على الخريطة

يمكن رسم المضلع إما بمعلومية الاحداثيات الكلية أو بمعلومية المركبات الأفقية والرأسية لأضلاعه . وفى الأعمال الدقيقة يستعمل جهاز خاص لتوقيع هذه النقط وهو جهاز توقيع الاحداثيات (Coordinatograph)

وفى طريقة المركبات نبتدىء بأى نقطة من نقط المضلع وبأخذ المركبات المصححة الأفقيـة والرأسية للأضلاع يتم تحديد باقى النقط وغالبا ما استعمل إحدى هاتين الطريقتين حيث يمكن لنـــا بعد ذلك حساب وحصر مساحات

المضلعات أو أجزاء منها وكذلك الحصول على أطوال قد يصعب أو يستحيل الحصول عليها من نقطة الطبيعة .

وفيما يلى مثالا لشرح الترافرس المقفل وخطوات الحساب له .

مثال : الشكل (١٣٢) يمثل كروكى لترافرس مقفل رصدت زواياه الداخلية وقيست أطوال أضلاعه كما هى موضحة والمطلوب حساب المركبات الافقية والرأسية وكذلك أحداثيات نقطه إذا كان انحراف ا ب هو ١٠٤° واحداثيات نقطة ا هى (صفر ، صفر) علما بأن دقة الورنية للتيودوليت المستخدم هو ٣٠″

الحل

أولا – تصحيح خطأ القفل الزاوى

بجمع الزوايا المرصودة نجد أن المجموع هو = ٣٠″ ٢′ ٥٤٠°

وحيث أن زوايا المضلع عددها ٥ فيجب أن يكون مجموع الزوايا الداخلية = (٢ ن – ٤) ٩٠° = (١٠ – ٤) ٩٠° = ٥٤٠°

.·. الخطأ = ٣٠″ ٢′ المسموح به هو = ± ٢ × ٣٠″ √ ٥ = ٣٦″ ٢′

وبتوزيع هذا الخطأ على الخمس زوايا بالتساوى فيكون تصحيح كل زاوية = – ٣٠″ فنطرح من كل زاوية ٣٠″ فتصبح الزوايا كالآتى :

		″	′	°
ا	=	٠٠	٣٩	١٠٧
ب	=	٠٠	٣٨	٩٨
ﺣ	=	٠٠	٣	٦٤
٤	=	٠٠	٣٧	٢٠٦
ﻫ	=	٠٠	٢٧	٦٤
المجموع		٠٠	٠٠	٥٤٠

ثانيا : ايجاد انحرافات الخطوط

يتم أولا إيجاد الانحرافات الدائرية مبتدئين بالخط المعلوم انحرافه وهو ا ب وانحرافه هو ٠٠َ ١٠٤°

انحراف ا ب = ٠٠َ ١٠٤°

ب حـ = ١٠٤° + ٣٨َ ٩٦° + ١٨٠° = ٣٨َ ٢٠°

حـ ء = ٣٨َ ٢٠° + ٣٩َ ٦٤° + ١٨٠° = ١٧َ ٢٦٥°

ء هـ = ١٧َ ٢٦٥° + ٣٧َ ٢٠٦° − ١٨٠° = ٥٤َ ٢٩١°

هـ ا = ٥٤َ ٢٩١° + ٢٧َ ٦٤° − ١٨٠° = ٢١َ ١٧٦°

ا ب = ٢١َ ١٧٦° + ٣٩َ ١٠٧° − ١٨٠° = ٠٠َ ١٤٠°

وبذا نجد أن انحراف ا ب المحسوب هو الانحراف المعلوم وبذا يكون العمل الحسابي صحيح .

والانحرافات المختصرة هي

ا ب : ج ٠٠َ ٧٦° ق

ب حـ : ش ٣٨َ ٢٠° ق

حـ ء : ج ١٧َ ٨٥° غ

ء هـ : ش ٠٦َ ٦٨° غ

هـ ا : ج ٣٩َ ٠٣° ق

ثالثا حساب مركبات الاضلاع وتصحيحها وكذلك حساب الاحداثيات ونسبة خطأ القفل أنظر الجدول .

الباب التاسع
القياسات التاكيومترية

يختص القياس التاكيومترى بتحديد المسافات الأفقيـــة وكذلك الأبعاد الرأسية (فروق المناسيب) بين النقط المختلفة بطريقه غير مباشرة وسريعةوذلك من واقع أرصاد تؤخذ بواسطة جهاز يسمى التاكيومتر .

والتاكيومتر هو تيودوليت مجهز ببعض التركيبات الخاصة لايجاد المسافات والارتفاعات بإجراء بعض العمليات الحسابيـــة ، وهناك بعض الأجهزة يمكن بواسطتها الحصول مباشرة على المسافات والارتفاعات دون اللجوء إلى العمليات الحسابية .

استخدام القياس التاكيومترى

يستعمل القياس التاكيومترى فى أغراض كثيرة وأهمها :

١ - عمل الخرائط الكونتورية فى الأراضى التى يصعب فيهـا القياس المباشر

٢ - رفع وبيان التفاصيل للمساحات الكبيرة مثل أراضى الاستصلاح .

٣ - تحديد معدلات انحدار المسارات المختلفة .

٤ - قياس أطوال أضلاع الترافرسات والقياسات الطولية الخاصة فى المساحة باللوحة المستوية .

احداثيات نقط الضلع

	رأسى	أفقى
ا	صفر	صفر
ا ب	− ٤٧ر٤٢	+ ١٨٩ر١٢
ب	− ٤٧ر٤٢	+ ١٨٩ر١٢
ب حـ	+ ١٤٦ر٤١	+ ٥٤ر٩٦
حـ	+ ٩٨ر٩٩	+ ٢٤٤ر٠٨
حـ ء	− ١١ر٤٨	− ١٢٧ر٩٣
ء	+ ٨٧ر٥١	+ ١٠٦ر١٥
ء هـ	+ ٤٥ر٨٤	− ١١٤ر٤٧
هـ	+ ١٣٣ر٣٥	− ٨ر٣٢
هـ ا	− ١٣٣ر٣٥	+ ٨ر٣٢
ا للتحقيق	صفر	صفر

تطبيقات الترافرس

بجانب ما يمثله الترافرس أساسا من أهمية فى عملية تثبيت مواقع نقط محددة معلومة إحداثياتها ويمكن الرجوع اليها أو الربط عليها فإن هنـــاك تطبيقات كثيرة للترافرس وخاصة المقفل ويمكن إيجازها فيما يلى :

١ - إستخدام الترافرس فى تقسيم الأراضى وتعديل الحدود .

٢ - إقتطاع مساحة معينة بخط مستقيم محدد .

٣ - تعيين طول مسافة بين نقطتين بينهما عائق .

٤ - تعيين انحرافات خطوط وكذلك الزوايا بين هذه الخطوط .

مسائل

١ – ترافرس مقفل رصدت أطوال أضلاعه وزواياه فكانت كما يلي :

الضلع	الطول	الزاوية
ا ب	٦٩١	$\hat{ا}$: ٣٣َ ٦٤°
ب حـ	٦١٦	$\hat{ب}$: ٣٥َ ٢٠٦°
حـ ء	٦٧٨	$\hat{حـ}$: ٢١َ ٦٤°
ء هـ	٩٧١	$\hat{ء}$: ٣٤َ ١٠٧°
هـ ا	٧٨٣	$\hat{هـ}$: ٣٩َ ٩٦°

فإذا كانت تسمية الترافراس ضد عقرب الساعة . وإحداثيات النقطة ا هي (١٠٠ ، ١٠٠) فأحسب الأحداثيات المصححة لنقط الترافراس علما بأن إنحراف ا ب هو ٢١٠° إحسب المساحة المحصورة داخل هذا المضلع بطريقتين مختلفتين .

٢ – ا ب حـ ء مضلع قيست أطوال وإنحرافات ثلاثة من أضلاعه فكانت

	طول (متر)	إنحراف
ا ب	٣٨٦	٨٩°
ب ح	٢٥٨	١٧٥°
ح ء	٢٢٤	٢٣٥°

عين طول وإنحراف الضلع ء ا ، وأحسب المساحة المحصورة داخلة .

٣ — مضلع مقفل رصدت أطوال أضلاعه وعينت زواياه فكانت :

الضلع	الطول(متر)	الزاوية
ا ب	٤٧٫٤	ا^ = ٧١°
ب ح	٦٦٫٠٠	ب^ = ١٢٦°
ح ء	٥١٫٥٠	ح^ = ٤٠°
ء هـ	٣٩٫٣٠	ء^ = ٢٢٣°
هـ ا	٧٠٫٧٠	هـ^ = ٧٠°

عين المركبات الصحيحة لخطوطه وقيمة خطأ القفل وذلك إذا كان الخط ا ب يتجه شمالا تماما

٤ — قطعة أرض مثلثية الشكل ا ب حـ متساوية الأضـــلاع طول

^ ^ ^

ضلعها ٢٠٠ متر وقيست الزوايا فكانت ا = ٤٨َ ٥٩ ، ب = ٨َ ٦٠° ، حـ

الخارجية = ٥٦َ ٢٩٩° وكان إنحراف ا ب هـ و ٢٧٠° والنقطة ا هى نقطة

الأصل عين إحداثيات النقطتين ب ، حـ . وإذا أريد تقسيم هـــذه القطعة إلى

قطعتين متساويتين تماما بحيث يمر خط التقسيم بالنقطة هـ الواقعة داخل المثلث

والتى تنحرف عن ا ب ٢٠° وتبعد عن نقطة ا ٨٠ مترا . فعين طول وإنحراف

حدود التقسيم حسابيا .

٥ — لإيجاد المسافة بين نقطتين س ، ص أخـــذت نقطتـان ا ، ب ثم

قيست الزاوية س ا ب فـــكانت ١٧َ ١٢٦° والزاوية ا ب ص فـــكانت

١٨َ ١٧٣° فإذا كان ا س يتجه غربا تماما بطول ٦٥ مترا وطـــول ا ب

= ٩٢ مترا ، ب ص = ٢٨ مترا فأحسب طول س ص وإنحرافة .

٦ — عمل الترافرس المبين فيما يلى وذلك لتحديد المسافة بين نقطتين س،ص

حيث أن بينهما عائق يمنع القياس : س حـ = ١٢٢٫٤٢ مترا،حـ و = ١٩٣٫٤٦

، د ص = ٧٢٫٧١٠ متر ، الزاوية س حـ جنوبا تماما أوجد طـول وانحـراف

س ص والمسافة بين حـ ونقطة تقاطع حـ و مع س ص .

٧ — عين الاتجاهات الصحيحة وأستنتج قيم الزوايا المحصورة بين الاتجاهات

ا ، ب ، حـ ، ء ، هـ من واقع الأرصاد التالية التى أخذت لتقفـل الأفق حـول

نقطة ن وذلك فى قـوسين .

	ميتامن					مقياس				
	A			B		A			B	
	″	′	°	″	′	″	′	°	″	′
ا	٤٠	١٦	٣	٥٠	١٥	٢٠	١٦	١٨٣	٥٠	١٥
ب	٢٠	٢٦	٤٨	١٠	٢٥	٥٠	٢٥	٢٢٨	٠٠	٢٦
حـ	٣٠	٣٤	١٠٣	٢٠	٣٤	٥٠	٣٥	٢٨٣	٠٠	٣٥
د	٢٠	٤٨	٢٤١	١٠	٤٨	٥٠	٤٧	٦١	٠٠	٤٨
هـ	٤٠	٥٦	٣١٦	٣٠	٥٦	٢٠	٦٥	١٣٦	١٠	٥٦
ا	٣٠	١٦	٣	٤٠	١٦	٢٠	١٦	١٨٣	١٠	١٦
ا	٣٠	٣٦	٦٣	٥٠	٢٥	٢٠	٢٦	٢٤٣	١٠	٢٦
ب	٣٠	٢٦	١٠٨	٤٠	٣٦	٤٠	٣٦	٢٨٨	٢٠	٣٦
حـ	٤٠	٤٤	١٦٣	٣٠	٤٤	٢٠	٤٤	٣٤٣	٣٠	٤٤
د	٣٠	٥٨	٣٠١	٢٠	٥٨	١٠	٥٨	١٢١	٥٠	٥٧
هـ	٣٠	٠٦	٠٧	٤٠	٠٦	٢٠	٠٦	١٨٧	٢٠	٠٦
ا	٢٠	٣٦	٦٣	٣٠	٢٦	١٠	٢٦	٢٤٣	٥٠	٢٥

٨ - لإيجاد طول نفق س ص وانحرافه عمل الزافرس س ا ب حـ ص فكانت الأطوال بالأمتار هي س ا = ٩٥٫٠٠ ، ا ب = ١١٤ ، ب حـ = ١٢٦ ، حـ ص = ٨٧

فكانت الزوايا

س ص = ١٤٣٫١٥°   ا ب حـ = ٩٧٫٧٥°

ب حـ ص = ١٢٨٫٣٣°   وانحراف ا س ٢١٥° عين طول س ص وانحرافه

جـدول حساب الترافرس المقفـل

الخط	الانحراف	الانحراف المختصر	الجيب	جيب التمام	الطول بالمتر	المركبة الرأسية غير المصححة	المركبة الأفقية غير المصححة	المركبة الرأسية مصححة	المركبة الأفقية مصححة
	٠٠ ′ ٠								
ا ب	٠٠ ٠٠ ١٠٤	ج ٠٠ ٧٦ ق	٠ر٩٧٠٣	٠ر٢٤٢٠	١٩٥ر٢٠	— ٤٧ر٢٤	+ ١٨٩ر٤٠	— ٤٧ر٤٢	+ ١٨٩ر١٢
ب ج	٠٠ ٣٨ ٢٠	ش ٣٨ ٢٠ ق	٠ر٣٥٢٤	٠ر٩٣٥٨	١٥٦ر٦٠	+ ١٤٦ر٥٥	+ ٥٥ر١٩	+ ١٤٦ر٤١	+ ٥٤ر٩٦
ج د	٠٠ ١٧ ٢٦٥	ج ١٧ ٨٥ غ	٠ر٩٩٦٦	٠ر٠٨٢٢	١٣٨ر٢٠	— ١١ر٣٦	— ١٣٧ر٧٣	— ١١ر٤٨	— ١٣٧ر٩٣
د هـ	٠٠ ٠٦ ٢٩١	ش ٠٦ ٦٨ غ	٠ر٩٢٧٨	٠ر٣٧٣٠	١٢٣ر٢٠	+ ٤٥ر٩٥	— ١٤٤ر٣٠	+ ٤٥ر٨٤	— ١٤٤ر٤٧
	٠٠ ٢١ ١٧٩	ج ٣٩ ٠٣ ق	٠ر٠٦٣٧	٠ر٩٩٩٨	١٢٣ر٥١	— ١٢٣ر٢٣	+ ٨ر٥٠	— ١٢٣ر٣٥	+ ٨ر٣٢
					٧٦٤ر٧	+ ١٩٢ر٥٠	+ ٢٥٣ر٠٩	+ ١٩٢ر٢٥	+ ٢٥٢ر٤٠
						— ١٩١ر٨٣	— ٢٥٢ر٠٣	— ١٩٢ر٢٥	— ٢٥٢ر٤٠
						+ ٠ر٦٧	+ ١ر٠٦	صفر	صفر

خطأ القفل $= \sqrt{٠ر٦٧^2 + ١ر٠٦^2}$ = ١ر٢٥٢٩ مترا

نسبة خطأ القفـل $= \frac{١ر٢٥٢٩}{٧٦٤ر٧} = \frac{1}{٦٠٠}$

طرق القياس التاكيومترى

تتنوع طرق المساحة التاكيومتريه بتنوع الأجهزة المستخدمة وطريقة ونظرية إستعمالها . والأساس الرياضى للقياس التاكيومترى هو تكوين مثلثات فراغيه فى مستوى رأسى أو أفقى نحصل على المسافة وفرق المنسوب بين طرف الخط المقيس وذلك من واقع المعلومات المأخوذة من الجهاز وباستخدام مسافة مقطوعه على قامه رأسية أو أفقية موضوعة عند نقطة الهدف وسنكتفى هنا بتناول القياس التاكيومترى والذى يعتمد على قياس مسافة مقطوعة (وتسمى القاعدة) عند موضع الهدف وتحديد زاوية صغيرة مقاسه بواسطة الجهاز عند موضع الرصد ويمكن تلخيص أهم الطرق المعتمدة على هذه النظريه فيما يلى :

١ - طريقة شعرات القياس (شعرات الاستاديا)

٢ - طريقة الظلال .

٣ - طريقة تضبيب الأنظار .

ويجدر الاشارة هنا بأنه توجد طرق عديدة مماثلة لا مجال هنا لتناولها .

طريقة شعرات الاستاديا

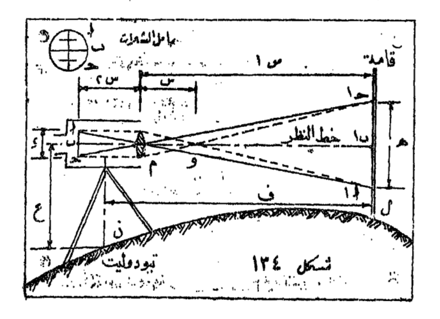
يستعمل فى هذه الطريقه جهاز التيودوليت كتاكيومتر وهو مزود بشعرتين أفقيتين إضافيتين أعلى وأسفل الشعرة الأفقية الأساسيه وعلى بعدين متساويين من الشعره الوسطى شكل(١٢٤) وتسمى هاتان الشعرتان باسم(شعرتى الاستاديا) وكل التيودوليتات العادية والموازين وأليداد البلانشيطة مزودة بهذه الشعرات ويستعمل مع التاكيومتر قامة عادية مدرجة كالمستعملة فى الميزانية . وتؤخذ

الارصاد اللازمة لتعيين المسافه الافقيه وفرق الارتفاع بين طرفى الخط المستقيم وذلك بتوجيه منظار الجهاز (الموضوع فوق أحد طرفى الخط) مرة واحدة الى قامة رأسية موضوعة فوق الطرف الآخر — ثم تؤخــذ قراءات للشعرات الثلاث وكذلك قيمه زاوية ميل المنظار وبهذا يمكن حساب المسافه بين محور المنظار وموضع القامة وكذلك فرق المنسوب بين طرفى الخط وبوضع القامــة على أبعاد مختلفه من المنظار فإن الجزء المقطوع على القامــه والمحصورة بين شعرتى الاستاديا يتغير تبعا لذلك ، ويتوقف مقداره على بعد القامه من الجهاز ويعتبر هذا الجزء المقطوع على القامه مقياسا للبعد بين القامه والجهاز كما تعتبر قرائة الشعرة الوسطى وزاوية الميل مقياسا لفرق المنسوب .

تحديد المسافة الافقية وفرق المنسوب

اولا — خط النظر افقى

وفى هذه الحالة يكون خط النظر أفقى عندما تسمح طبيعة الأرض بذلك وفى شكل (١٣٤) نقطة القامة ل ولدينا كذلك :



شكل ١٣٤

ع : ارتفاع الجهاز

ء : المسافة بين شعرتى الاستاديا ا ، حـ

م : مركز الشيشة

و : بؤرة الشيشة

س : البعد البؤرى الشيشية

$س_١$: المسافة الأفقيه بين القامة والنقطة م

$س_٢$: البعد الأفقى بين مركز الشيشة ومستوى حامل الشعرات ا ، ب ، حـ

ط : البعد الأفقى بين المركز البصرى للشيشية ومحور الجهاز الرأسى

هـ : المسافة المقطوعة على القامة بين شعرتى الاستاديا = $ا_١ حـ_١$.

من تشابه المثلثين $ا_١ م حـ_١$ ، ا م حـ لدينا

$$\frac{س_١}{س_٢} = \frac{هـ}{ء} \qquad (١)$$

$$\text{ولكن } \frac{١}{س} = \frac{١}{س_١} + \frac{١}{س_٢} \qquad (٢)$$

وبضرب المعادلة (٢) فى المقدار $س_١ س$

$$س_١ = س + \frac{س_١}{س_٢} . س \qquad (٣)$$

وبالتعويض من (١) عن قيمة $\frac{س_١}{س_٢}$ فى (٣) ينتج :

$$س_١ = س + س \cdot \frac{هـ}{ء} \qquad \cdots\cdots(٤)$$

وبإضافة المقدار ط إلى كل من طرفى المعادلة (٤) ينتج أن :

$$ف = هـ \frac{س}{ء} + (س + ط) \qquad \cdots\cdots(١٠٨)$$

حيث $\frac{س}{ء}$ ، (س + ط) مقادير ثابتة للجهاز ويسميان بالثابت التاكيومترى (ث) ، والثابت الأضافى (ك) على الترتيب

والثابت التاكيومترى (ث) يكون عادة رقما مناسبا (١٠٠ أو ٢٠٠) .

والثابت الإضافى (ك) تتراوح قيمته بين ٣٠ ، ٧٠ سنتيمتر حسب نوع الجهاز . ويمكن حساب المسافة الأفقية والمنسوب من المعادلات الآتية :

المسافة الأفقية = الفرق بين قراءتى شعرتى الأستاديا × الثابت التاكيومترى + الثابت الإضافى

$$ف = ث هـ + ك$$

$$\cdots\cdots(١٠٩)$$

منسوب نقطة القامة = منسوب نقطة الجهاز + أرتفاع الجهاز — قراءة الشعرة الوسطى

$$منسوب\ ل = منسوب\ م + ع - ب_١$$

$$\cdots\cdots(١١٠)$$

ثانيا — خط النظر مائل

فى هذه الحالة لدينا الأرصاد المأخوذة هى قراءات الشعرات الثلاث على القامة ($ا_١$ ، $ب_١$ ، $حـ_١$) وكذلك زاوية ارتفاع أو انخفاض خط النظر عن الأفق (ى) ، ومن شكلى (١٣٥) ، (١٣٦) نجد أن :

م = المسافة المائلة بين محور الجهاز وبين نقطة تقاطع خط النظر مع القامة

ص = البعد الرأسى بين سطح الجهاز ونقطة $ب_١$

وبرسم $ا_٢ ب_١ حـ_٢$ عموديا على الإتجاه م $ب_١$ فإنه يمكن اعتبار أن :

$ا_٢ حـ_٢ = هـ_١ = ا_١ حـ_١$ جتا ن = هـ جتا ن

وباستعمال المعادلة العامة السابقة (١٠٨) لدينا

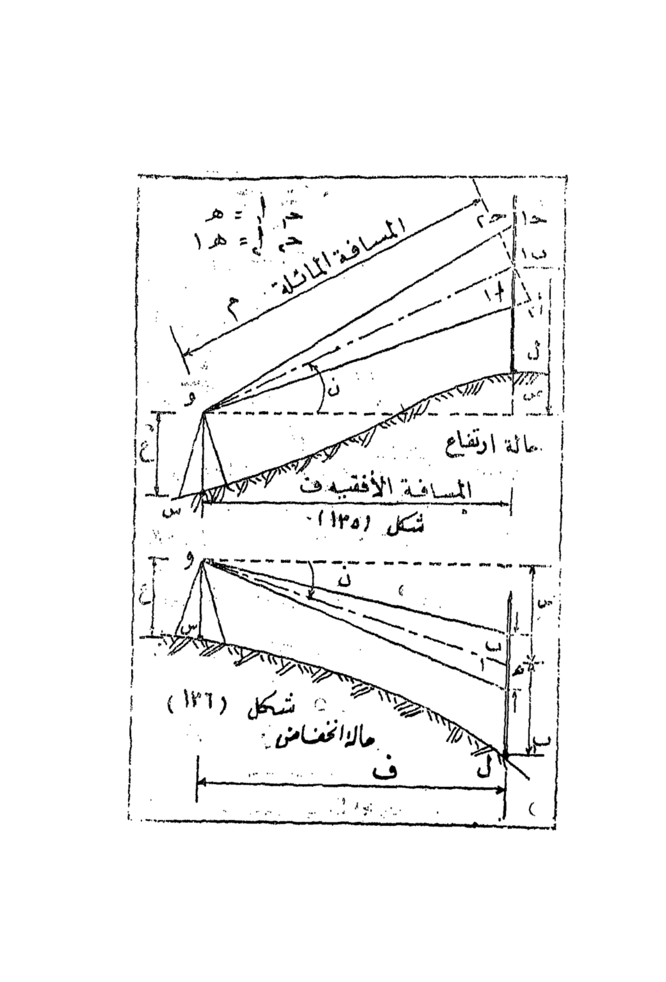
$$م = \frac{س}{ى} (هـ \text{ جتا } ن) + (س + ط)$$

وحيث أن ف = م جتا ن

$$\boxed{ف = هـ \left(\frac{س}{ى} \right) \text{جتا}^٢ ن + ك \text{ جتا } ن} \qquad ......(١١١)$$

ولإيجاد منسوب موضع القامة ل فإن :

ص = ف ظا ن



المسافة المائلة م
حالة ارتفاع
المسافة الأفقيه ف
شكل (١٣٥)
شكل (١٣٦)
حالة انخفاض

ص = هـ $\frac{س}{ء}$ حتا ن حا ن + (س + ط) حا ن

| ص = ث هـ حتا ن حا ن + ك حا ن | (١١٢) |

أو

| ص = $\frac{1}{2}$ ث هـ حا ٢ ن + ك حا ن | ... (١١٣) |

| منسوب نقطة القامة = منسوب نقطة الجهاز + أرتفاع الجهاز (ع) |
| ± ص — قراءة الشعرة الوسطى (ب) |

... (١١٤)

وتكون علامة ص (+) فى حالة زوايا الأرتفاع

وعلامة ص (—) فى حالة زوايا الإنخفاض

مثال :

جهاز تاكيومتر تتباعد شعراته الثلاث عن بعضها بمقدار ٧٠ر٠ سم وكان البعد البؤرى للشيئية ٢٨ سم والمسافة بين المركز البصرى للشيئية ومحور الجهاز هو ١٢ سم ثم وضعت قامة على نقطة فكانت قراءة الشعرات على القامة الرأسية هى ٢٠ر١ ، ٨٠ر١ ، ٤٠ر٢ متراً فإذا كان ميل خط النظر ٩° إلى أعلى فعين المسافة الأفقية وكذلك منسوب نقطة القامة إذا كان منسوب موضع الجهاز هو (٠٠٠ر١٠) وأرتفاع الجهاز ٤٠ر١ متراً .

الحـل

ف = (س / ى) هـ جتا^{2} ن + ك جتا ن

س / ى = ٢٨ / ٠ر٠٧ = ٢٠٠

، ك = س + ط = ٠ر٢٨ + ٠ر١٢ = ٠ر٤٠ مترا

هـ = ٢ر٤٠ − ١ر٢٠ = ١ر٢ مترا

جتا ٩ = ٠ر٩٨٦٧ ، جتا^{2} ٩° = ٠ر٩٧٥٥ ، حا ٩° = ٠ر١٥٦٤

ف = ٢٠٠ × ١ر٢٠ × ٠ر٩٧٥٥ + ٠ر٤ × ٠ر٩٨٦٧

= ٢٣٤ر١٢ + ٠ر٣٩٥ = ٢٣٤ر٥١٥ مترا

المسافة ص = ف طا ٩°

= ٣٧ر٠٨٥ مترا

منسوب نقطة القامة = منسوب نقطة الجهاز + ارتفـاع الجهاز + ص − ب$_{1}$

= ١٠ر٠٠ + ١ر٤٠ + ٣٧ر٠٨ − ١ر٨٠

= ٣٥ر٣٨ مترا

تبسيط فى طريقة الاستاديا:

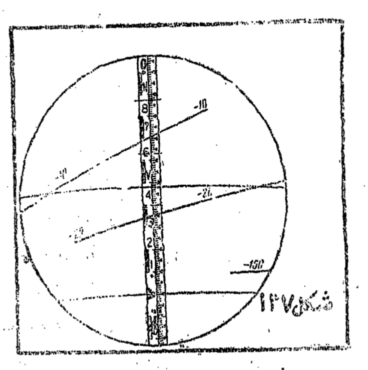
توجد عدة طرق لتبسيط العمليات الحسابية وإيجاد قيم جتا٢ ن ، جان جتان أما فيما يتعلق بتبسيط العمليات الحسابية فقد وضعت فى الأجهزة الحديثة عدسة إضافية بغرض التخلص من الثابت الاضافى فى المعادلات السابقة وذلك بجعله مساويا للصفر ويطلق عليها (**العدسة التحليلية**) وعندئذ تؤول المعادلة العامة إلى .

ف = ث هـ جتا٢ن (١١٥)

وتستعمل حاليا الجداول الرياضية والآلات الحاسبة بنجاح تام لتعيين قيمة جتا٢ ح ، حا هـ جتا هـ ، ص مباشرة . وتوجد كذلك أجهزة خاصة وتركيبات الغرض منها هو تبسيط العمليات الحسابية فى طريقة شعرات الأستاديا وأهمها الأجهزة التى تدار فيها منحنيات الاستاديا آليـا مثل جهاز دالتا أنتاج شركة زايس (Dahlta) وغيره من الأجهزة المشابهة .

تاكيومتر (زايس) (Da hlta)

وهو جهاز تاكيو متر مزود بمنحنيات أختزال محفورة على قرص زجاجى يدور مع المنظار وتقوم هذه المنحنيات مقـام شعرات الاستاديا الثابتة وتظهر هذه المنحنيات على مستوى حامل الشعرات بواسطة مجموعة من المناشير وشكل (١٣٧) يوضح :



١ - منحنى الصفر ويقوم مقام الشعرة الوسطى فى التاكيومتر العادى

٢ - منحنى المسافات الأفقية وثابته وهو ١٠٠

٣ - منحنى الارتفاعات وله معاملات ± ١٠ ، ± ٢٠ ، ± ١٠٠ .

٤ - خطى أستاديا ثابتة ٢٠٠ أعلا المنحنيات .

طريقة القياس

يوجه جهاز الدالتا الموضوع فى طرف الخط إلى القامة الرأسية الموجودة فى الطرف الآخر (وهو فى وضع متياسر) وبالرصد على القامة فتؤخذ قراءات المنحنيات الثلاثة ، الصفر والمسافة والارتفاع - وتكون القيم ف ، ص كالآتى .

المسافة الأفقيه ف = (قراءة منحنى المسافة - منحنى الصفر) ١٠٠	(١١٦)

المسافة ص = (قراءة منحنى الارتفاع - منحنى الصفر) × ك	(١١٧)

حيث ك معامل المنحنى (± ١٠ ، ± ٢٠ ، ± ١٠٠)

ويجعل منحنى الصفر منطبقا على صفر القامة يمكن قراءة القيمة ه جتا٢ ن مباشرة مهما كان خط النظر مائلا إلى أعلى أو إلى أسفل

حيث أن منحنى المسافة يمثل جتا٢ زاوية الميل وتبدأ قيمته بالواحد وتتحدد المسافة ص من منحنى الارتفاع حيث يمثل جا٢ ه وهى تبدأ من الصفر وتتزايد مع تغير زاوية الارتفاع والاشارة الموجبة لزوايا الارتفاع والسالبة للانخفاض وتتلاقى منحنيات الارتفاع عند منحنى الصفر عندما يكون خط النظر أفقى تماما وقد يستعمل مع الجهاز قامة رأسية خاصة به لتسهيل قراءات القامة وهى قامة عادية ويبدأ صفر تدريجها على ارتفاع ٤ر١ من القاعدة وهى مدرجة بالسنتيمترات من الصفر إلى أعلى باللون الاسود باشارة (+) وإلى أسفل باللون الأحمـــــر وبالاشارة (—) .

مثال :

شكل (١٦٧) يبين مجال المنظار وهو موجه إلى قامة فوق نقطة ب من جهاز دالتا فوق نقطة ا — عين المسافة الأفقية ا ب ومنسوب (ب) علما بأن زاوية إنخفاض المنظار ٢٣َ ٨° ومنسوب ا هو ٨٤مترا وارتفاع الجهاز ٥٥ر١م

الحـل

منحنى الصفر يقرأ صفر على قامة دالتا

منحنى المسافة الأفقية يقرأ ٤٧٦ر٥٠ متر

منحنى الارتفاع ص (معامل = ١٠) يقرأ ٠٫٧٠٢ مترا

منحنى الارتفاع ص (معامل — ٢٠) يقرأ ٠٫٣٥١

شعرتا الاستاديا بالجهاز (الثابت = ٢٠٠) تقرأ ٠٫٦٢٩ ، ٠٫٨٧٢

المسافة الأفقية ف = ١٠٠ (٠٫٤٧٦ — صفر) = ٤٧٫٦ مترا

ص باستعمال المنحنى العلوى = —١٠ (٠٫٧٠٢ —صفر) = —٧٫٠٢ مترا

ص باستعمال المنحنى السفلى = —٢٠ (٠٫٣٥١ —صفر) = —٧٫٠٢ مترا

ف باستعمال الاستاديا = ٢٠٠ (٠٫٨٧٢ — ٠٫٦٢٩) جتا٢ ٢٣´ ٨°

= ٢٠٠ × ٠٫٢٣٤ × ٠٫٩٨٩ = ٤٧٫٦ مترا

ص = ف ظا ه = ٤٧٫٦ × (—٠٫١٤٧) = —٧٫٠٢٠ مترا

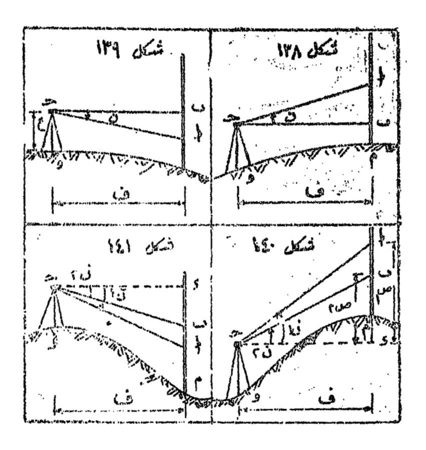
منسوب ب = ٨٤ + ١٫٥٥ — ٧٫٠٢ — ١٫٤٠

= ٨٥٫٥٥ — ٨٫٤٢ = ٧٧٫١٣ مترا

٢ـ طريقة الظلال

وهى طريقة يتم بها تحديد المسافة الأفقيـــة وفرق المنسوب وذلك بدون استعمال شعرات القياس وذلك بالتوجيه بالتيودوليت مرتين على القامة المطلوبة رأسيا على النقطة المطلوب إيجاد بعدها —ويتم فى كل مرة قراءة الشعرةالوسطى على القامة وقيمة الزاوية الرأسية . نفرض أن المطلوب هو إيجاد المسافة الأفقية ف بين نقطتين مثل (و ، م) والفرق بين منسوبيهما الأشكال (١٣٨ ، ١٣٩ ، ١٤٠ ، ١٤١) فتوضع القامة رأسية فوق م مثلا ويوضع جهاز التيودوليت فوق (و) ، ولهذه الطريقة حالتين هما :

الحالة الأولى ؛ عندما تسمح طبيعة الأرض بقراءة القامة وخط النظر أفقى ثم جعل خط النظر أفقى مرة ومائل إلى أعلى أو إلى أسفل مرة أخرى [شكل ١٣٨ ، ١٣٩] وتعين زاوية الارتفاع أو الانخفاض فإذا كانت قراءة القامة وخط النظر أفقى هى ب ، وكانت قراءة القامة وخط النظر مائل هى ا :



وزاوية الميل هى [ن] فتكون المسافة الأفقية هى :

$$ف = \frac{\text{قراءة ا} - \text{قراءة ب}}{\text{ظا ن}} \quad \ldots (١١٨)$$

ويكون منسوب موضع القامة م هو

منسوب م = منسوب (و) + ارتفاع الجهاز (ع) — القراءة (ب)

(١١٩)

الحالة الثانية : عند تؤخذ نظرات مائلة فقط وفى هذه الحـــالة يميل خط النظر مرة بزاوية ميل ($ن_١$) وتدون قراءة القامة (ا) — بعد ذلك تغير زاوية الميل إلى ($ن_٢$) وتدون قراءة القامة فى هذه الحالة (ب) (شكل ١٤٠ ، ١٤١) ويمكن أن تكون الزاويتان زوايا ارتفاع أو انخفاض ، وفى شكل (١٤٠) لدينا

$ص_١$ = ا ء = ف ظا $ن_١$ ، $ص_٢$ = ب ء = ف ظا $ن_٢$

ا ء — ب ء = ف (ظا $ن_١$ — ظا $ن_٢$)

فرق القراءتين = ف (ظا $ن_١$ — ظا $ن_٢$)

$$\text{المسافة الأفقية} = \frac{\text{قراءة ا} - \text{قراءة ب}}{\text{ظا } ن_١ - \text{ظا } ن_٢}$$

(١٢٠)...

وعندما تكون $ن_١$ ، $ن_٢$ زوايا ارتفاع فيكون منسوب موضع القامة م

منسوب م = منسوب (و) + ارتفاع الجهاز (ع) + ف ظا $ن_١$ — القراءة ا

أو = (و) + ع + ف ظا $ن_٢$ — القراءة ب

(١٢١) ...

عندما تكون ن$_١$ ، ن$_٢$ زوايا انخفاض :

منسوب م = منسوب (و) + ارتفاع الجهاز (ع) ــ ف ظا ن$_١$ ــ القراءة ا
أو = (و) + ع ــ ف ظا ن$_٢$ ــ القراءة ب

... (١٢٢)

مثال :

وضع جهاز تيودوليت فوق نقطة حـ وكانت زاويتا ارتفــاع نقطتين على القامة فوق ء هما ١٥´ ٣° ، ٣٠´ ٥° عندما كانت قراءة القامة ٢٤ر٠ ، ١ر٣٦ مترا على الترتيب . عين المسافة الأفقية حـ ء وكذلك منسوب موضع القــامة إذا كان منسوب حـ هو ٨٤ر٦٠ مترا وارتفاع الجهاز ١ر٤٠ مترا

الحل

ف = (١ر٣٦ — ٠ر٢٤) / (ظا ٣٠´ ٥° - ظا ١٥´ ٣°) = ١ر١٢ / (٠ر٠٩٦٣ — ٠ر٠٥٦٨)

= ٢٨ر٣٥ مترا

ص$_١$ = ف ظا ن$_١$

= ٢٨ر٣٥ ظا ٣´ ٥ = ٢ر٧٧٣ مترا

ص$_٢$ = ف ظا ن$_٢$

= ٢٨ر٣٥ ظا ١٥´ ٣° = ١ر٦١ مترا

منسوب (ب) = (ﺣ) + ع + ص$_{١}$ − ا

= ٨٤ر٦٠ + ١ر٤٠ + ٢ر٧٢ − ١ر٣٦

= ٨٧ر٣٧ مترا

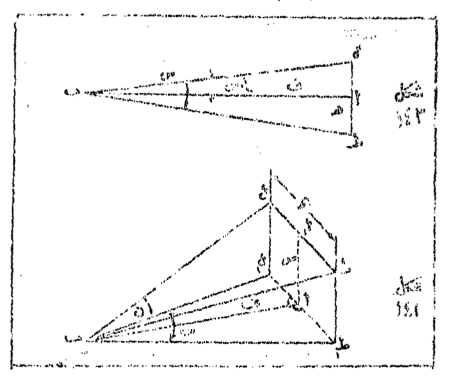
والتحقيق (ب) = (ﺣ) + ع + ص$_{٢}$ − ﻫ

= ٨٤ر٦٠ + ٢ر٤٠ + ١ر٦١ − ٠ر٢٤

= ٨٧ر٣٧ مترا

٣ — طريقة قضيب الأنفار

تعتبر هذه الطريقة من أدق طرق القياس التاكيومترى وأساسها هو قياس الزاوية المحصورة بين طرفى قضيب ذو طول معين ثابت موضوع أفقيا عند طرف الخط ويتم قياس هذه الزاوية بالتيودوليت عند الطرف الآخر للخط ويشترط أن يكون القضيب أفقياً وعموديا على إتجاه القياس فهو يوضع فوق حامل مثل حامل التيودوليت شكل (١٤٢) ٠



ويتكون قضيب الأنفار من ذراع ل ط من مادة الأنفار طوله متران شكل (١٤٢) ويوضع أفقيا على حامل الآلى مسامتا لنقطه ا مثلا ثم يوضع عند ب جهاز التيودوليت وبذا تكون المسافه الافقية ا ب هى

$$\text{ا ب} = \tfrac{1}{2} \text{ هـ ظتا } \frac{\text{س}}{2} \qquad \cdots (١٢٣)$$

حيث هـ = طول قضيب الأنفار وهو محدد بعلامتين

ويكون فرق الارتفاع ص = ± ف ظا ن

منسوب ا = منسوب ب + ارتفاع التيودوليت عند ب ± ص - ارتفاع الحامل عند ا

... (١٢٤)

طريقة القياس :

١ — لقياس الخط ا ب يثبت قضيب الأنفار فوق حامله مسامتا نقطة (ا) مثلا بواسطة خيط الشاغول ثم أفقيا بواسطة مسامير التسوية الخاصة بالحامل

٢ — يدار القضيب باليد حول محوره الرأسى حتى نرصد خلال منظارة الصغير خيط شاغول التيودوليت المثبت فوق (ب) والمسامت لها وبذا يكون خط النظر عموديا على اتجاه القضيب

٣ — نوجه التيودليت وهو فى وضع متيامن إلى العلامة اليسرى ونقرأ الدائرة الأفقية ثم نرصد العلامة اليمنى . وبطرح القراءتين نحصل على الزاوية (س) ونلاحظ أن طول قضيب الأنفار هو متران وعليه فتكون المسافة الأفقية

$$ف = ظتا \frac{١}{٢} س \qquad ... (١٢٥)$$

وسواء أختلف منسوب التيودوليت عن منسوب قضيب الأنفار انخفاضا أو ارتفاعا فإن المسافة الأفقية لا تتأثر بذلك .

حالات القياس بالقضيب الافقى

سبق أن شرحنا طريقة القياس بأن يكون القضيب فى أحد طرفى الخط المراد قياسه والتيودوليت فى الطرف الآخر . وفى هذه الحالة نجـد أن مقدار الخطأ النسبى المحتمل يزيد بازدياد المسافة ، وللحصول على دقة عالية وخطأ نسبى مسموح به فإنه يجب عند القياس أن يأخذ القضيب أوضاعا مختلفة تبعا لطول المسافة المقاسة شكل (١٤٤) .

الوضع الأول : القضيب عند طرف الخط المقاس مباشرة وهى تصلح للمسافة حتى ٨٠ متر .

$$\boxed{ف = ظتا \tfrac{١}{٢} س} \quad \ldots \quad (١٢٦)$$

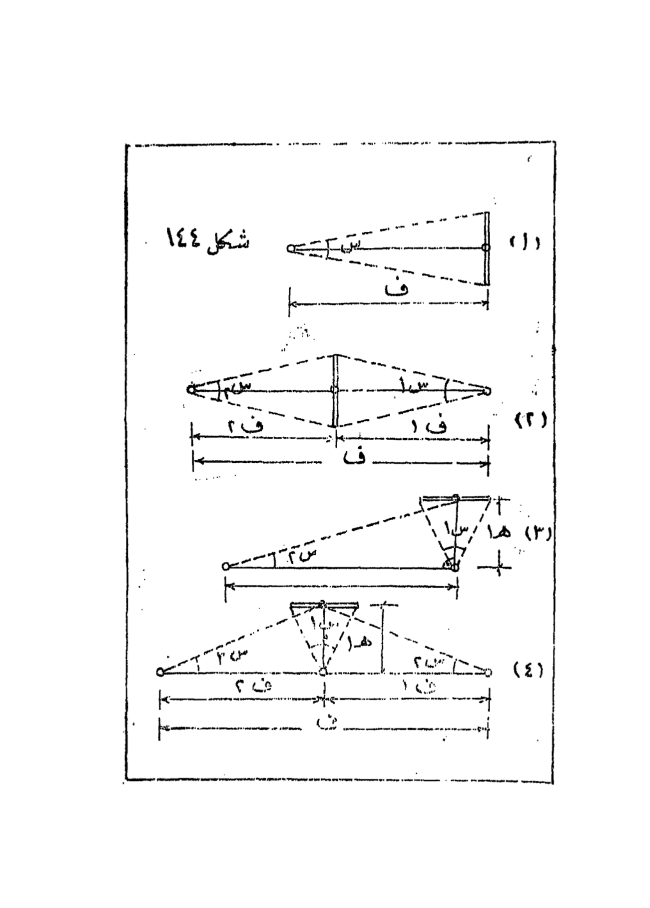
الوضع الثانى : القضيب يتوسط الخط المقاس مباشرة

وتصلح للمسافات من ٨٠ حتى ١٦٠ متر

$$ف = ف_{١} + ف_{٢}$$

$$\boxed{ف = (ظتا \tfrac{١}{٢} س_{١} + ظتا \tfrac{١}{٢} س_{٢})} \quad \ldots \quad (١٢٧)$$

الوضع الثالث : القضيب عند أحد طرفى الخط مع استعمال خط قاعدة مساعد وتصلح للمسافات بين ١٦٠ متر حتى ٣٥٠ متر .



شكل ١٤٤
(١)
س
ف
(٢)
س٢
س١
ف ٢
ف ١
ف
(٣)
س١
هـ١
س٢
(٤)
س١
هـ١
س٢
س٢
ف ٢
ف ١
ف

$$\text{ف} = \text{هـ}_{١}\ \text{ظتا}\ \text{س}_{٢}$$

$$\text{ف} = \text{ظتا}\ \frac{\text{س}_{١}}{٢}\ \text{ظتا}\ \text{س}_{٢} \qquad (١٢٨)$$

الوضع الرابع : التذبذب عند منتصف الخط المقاس مع استعمال خط قاعدة مساعد وتصلح للمسافات من ٢٥٠ وحتى ٨٠٠ متر

$$\text{ف} = \text{هـ}_{١}\ (\text{ظتا}\ \text{س}_{٢} + \text{ظتا}\ \text{س}_{٣})$$

$$= \text{ظتا}\ \frac{\text{س}_{١}}{٢}\ (\text{ظتا}\ \text{س}_{٢} + \text{ظتا}\ \text{س}_{٣}) \qquad \ldots (١٢٩)$$

أمثـــلة

مثـال (١) : أوجد معدل الإنحـــدار بين لقطتين ا ، ب من واقـع الأرصاد الآتية التي أخذت بتاكيومتر عند حـ مجهـز بعدسة تحليلية وثابته التاكيومترى = ١٠٠ :

موضع القامة	الانحراف	قراءة الشعرات	الزاوية الرأسية
ا	٤٥°	١ر٠٠ - ١ر٨٠ - ٢ر٦٠	+ ٨°
ب	٢١٥°	ر٨٠ - ٢ر٢٠ - ٣ر٦٠	+ ١٢°

العمل

المسافة = $ف_١$ = ث $هـ_١$ جتا^٢ $ن_١$

= ١٠٠ (٢ر٦٠ — ١ر٠٠) جتا^٢ ٨°

= ١ر٦٠ × ٩٨ر٠٦ = ١٥٦ر٩٠ مترا

$ص_١$ = ف ظا ٨° = ١ر٦٠ × ١٣ر٧٨

= ٢٢ر٥ متر

المسافة حـ ب = $ف_٢$ = ث هـ جتا^٢ $ن_٢$

= ١٠٠ (٣ر٦٠ — ر٨٠) جتا^٢ ١٢°

= ٢ر٤٠ × ٩٥ر٦٨ = ٢٢٠ر٦٣ متر

$ص_٢$ = ف ظا ١٢° = ٢ر٤٠ × ٢٠ر٣٤ = ٤٨ر٨٢ متر

$\overline{ا ب}^٢ = \overline{ا هـ}^٢ + \overline{ب هـ}^٢$ لأن الزاوية ا ب هـ قائمة

$ا ب = \sqrt{(١٥٦٫٩٠)^٢ + (٢٢٩٫٦٣)^٢} = ٢٧٨٫١١$ مترا

منسوب ا = (هـ) + ع + ص$_١$ — ١٫٨٠

= (هـ) + ع + ٢٢٫٠٥ — ١٫٨٠

منسوب (ب) = (هـ) + ع + ٤٨٫٨٢ — ٢٫٢٠

(ب) — (ا) = ٤٦٫٦٢ — ٢٠٫٢٥ = ٢٦٫٣٧ مترا

$$\text{معدل الانحدار} = \frac{(ب) - (ا)}{ف\ (ا\ ب)} \times ١٠٠$$

$$\text{معدل الانحدار} = \frac{٢٦٫٣٧}{٢٧٨٫١١} \times ١٠٠$$

= ٩٫٤٨ ٪

مثال ٢ : قيس خط ا ب بوضع قضيب أنفار عموديا عليه وفى منتصفه تقريبا ، فإذا كانت الزاويتين المرصودتين عندكل من ا ، ب هى ٥٠ر١° ، ٣٥َ ١° على الترتيب ، فما هو طول هذا الخط — وهل هذه الطريقة مناسبة لقياسه أم لا ؟

الحل

ف = ف$_١$ + ف$_٢$ = ظتا ½ (٣٠َ ١°) + ظتا ½ (٣٥َ ١°)

= ٧٦٫٣٩٠ + ٧٢٫٣٦٩

= ١٤٨٫٧٥٩ مترا

والطريقة مناسبة لأن الخط لم يتجاوز طوله ١٦٠ مترا وأكبر من ٨٠ متر .

مثال ٣ :

فى جهاز دالتاكاكت قراءة المنحنيات على قامة رأسية عادية هى :

منحنى الصفر هو ١٫٢٠ متر ومنحنى المسافات هـو ١٫٧٦ مترا

منحنى الارتفاع معامل (+ ١٠) ١٫٥٤ مترا

منحنى الارتفاع معامل (+ ٢٠) ١٫٣٧ متر

إرتفاع الجهاز ١٫٤٥ مترا ومنسوب موضع الجهاز ٢٤٫٨٠ مترا . عين منسوب موقع القامة والمسافة الأفقية .

الحل

المسافة الأفقية = ١٠٠ (١٫٧٦ — ١٫٢٠) = ٥٦ مترا

ص = (١٫٥٤ — ١٫٢٠) × ١٠ = + ٣٫٤ مترا

أو ص = (١٫٣٧ — ١٫٢٠) × ٢٠ = + ٣٫٤ مترا

منسوب القامة = ٢٤٫٨٠ + ١٫٤٥ + ٣٫٤٠ — ١٫٢٠

= ٢٨٫٤٥ مترا

مسائل

١ — وضع تيودوليت فى نقطة حـ بغرض إيجاد منسوب نقطة ا من النقطة ب التى منسوبها (٠٠ر٨٠) ووضعت قامتان رأسيتان عند كل من ا ، ب فكانت الأرصاد هى :

موقع القامة	قراءات الشعرات			زاوية الارتفاع
ا	١ر٨٨	٢ر٠٠	٣ر١٢	٩° ٤٢´
ب	١ر٦٢	٢ر٠٠	٢ر٣٨	٨° ٣٧´

فإذا كان الجهاز مجهز بعدسة إضافية وثابتة التاكيومترى = ١٠٠ . فعين منسوب نقطة ا .

٢ — عين معدل الانحدار بين نقطتين ا ، ب من واقع الأرصاد الآتية والمأخوذة بتاكيومتر مجهز بعدسة تحليلية وثابتة التاكيومترى ١٠٠ .

من الجهاز	الانحراف	القراءات			الزاوية الرأسية
إلى ا	١٦٥°	١ر٣٠	٢ر٠٥	٢ر٨٠	+ ١٠´ ١٢°
إلى ب	٢٥٥°	٢ر١٠	٢ر١٥	١ر٢٠	— ٣٦´ ٦°

٣ — وضعت قامة رأسية ورصدت بتيودوليت عادى ورصدت الزوايا الرأسية لهدفين على القامة المسافة الرأسية بينهما = ٢ر٧٨ متر والفرق بين ظلى زاوية الارتفاع = ٣٢ر٠ . ما منسوب نقطة القامة إذا كان ظل زاوية القراءة السفلى = ١٦٨ر٠ والارتفاع من الأرض للهدف السفلى = ١ر٨٦ ومنسوب سطح الجهاز هو ٨ متر تحت سطح البحر .

٤ — القراءات المأخوذة على قامة رأسية موضوعة على روبير منسوبه ٢٦٫٠٠ مترا هى ٢٫٤٣ ، ١٫٠٨٠ ، ١٫٧٢٣ وكانت زاوية انخفاض خط النظر ٢٦َ ٦° وكانت القراءات المأخوذة على نقطة أخرى حـ هى ٠٫٨٤ ، ١٫٠٠٥ ، ١٫٢٦ مترا وكانت زاوية ارتفاع خط النظر ٤٢َ ٣° . عين منسوب النقطة حـ. وكذلك المسافة الأفقية بين موضع الجهاز وهذه النقطة علما بأن ثابتى الجهاز هما ١٠٠ ، ٦٠ سم .

٥ — فى جهاز دالتا كان منحنى الصفر يقرأ على قامة دالتا ومنحنى المسافة الأفقية يقرأ ٦٣٢٫ مترا ومنحنى الارتفاع حـ معامل (— ١٠) يقرأ ٠٫٨٤ مترا ومنحنى الارتفاع حـ معامل (— ٢٠) يقرأ ٢٫٠٤ مترا وارتفاع الجهاز ١٫٥٢ مترا . عين المسافة الأفقية بين موضع الجهاز والقامة ومنسوب نقطة القامة إذا كان الجهاز موضوع عند نقطة منسوبها ٢٣٦٫٧٢ مترا .

٦ — قيس خط ا ب باستعمال قضيب الأنفار وخط قاعدة مساعد عمودى على ا ب وفى منتصفه تماما فإذا كان طول الخط ا ب هو ٦٩٠ مترا وطول القاعدة المساعد هو ٢٦٫٨ مترا فعين الزاوية المحصورة عند طرف القضيب وكذلك الزاويتين المرصودتين عند كل من ا ، ب .

٧ — قيس الخط ا ب باستعمال قضيب الأنفار عموديا عليه وفى منتصفه تقريبا فإذا كانت كل من الزاويتين المرصودتين على كل من ا ، ب هى ٢٨َ ١° ، ٤٢َ ١° على الترتيب . فما هو طول الخط — وهل تناسب هذه الطريقة قياس مثل هذا الخط ولماذا ؟

٨ — جهاز تاكيومتر تتباعد شعراته الثلاث عن بعضها بمقدار ٠٫٠٧٢٥ سم وكان البعد البؤرى للشيئية ٢٩ سم والمسافة بين المركز البصرى للشيئية ومحور الجهاز هو ١٤ سم ثم وضعت قامة على نقطة فكانت قراءة الشعرات على قامة رأسية هى ٢٫٢٠ ، ١٫٧٥ ، ١٫٢٠ مترا وكان خط النظر يميل ٦ درجات إلى أسفل فعين المسافة الأفقية وكذلك منسوب نقطة القامة إذا كان منسوب موضع الجهاز هو ٨٤ مترا وارتفاع الجهاز هو ١٫٣٥ مترا .

٩ — وضع جهاز دالتا عند نقطة ب ورصد به قامة رأسية عادية عند نقطة ﺃ فكانت قراءة المنحنيات الصفر والأفقية والارتفاع معامل (+١٠) هى :

١٫٨٩ ، ٢٫٠٨ ، ١٫٦٦

ومع ثبوت زاوية ارتفاع المنظار وارتفاع الجهاز رصدت قامة رأسية عند نقطة حـ فكانت قراءات الشعرات هى ١٫٨٩ ، ٢٫٢٨ ، ٢٫٥٩ عين معدل الانحدار بين ﺃ ، حـ إذا كانت الزاوية ﺃ ب حـ هى ٦٠° .

محتويات الكتاب
